الميكانيكا الحيوية
و التكامل بين النظرية
و التطبيق فى المجال الرياضى

دكتور

عادل عبد البصير على

أستاذ الميكانيكا الحيوية

ورئيس قسم علوم الرياضة

وعميد كلية التربية

مركز الكتاب للنشر

الطبعة الثانية

مزيدة ومنقحة

١٩٩٨م - ١٤١٨هـ



مصر الجديدة : ٢١ شارع الخليفة المأمون - القاهرة

ت : ٢٩٠٨٢٠٣ - ٢٩٠٦٢٥٠ - فاكس : ٢٩٠٦٢٥٠

مدينة نصر : ٧١ شارع ابن النفيس - المنطقة السادسة - ت : ٢٧٢٣٣٩٨

الإهداء

إلى المهتمين بالعملية التعليمية فى مجال التربية
الرياضية من دارسين و مدرسين و مدربين
وإلى كل من بذل جهداً و مشورة
فى سبيل إخراج هذا المؤلف

إلى زوجتى وأبنائى



المقدمــة

يعتبر علم الميكانيكا الحيوية فى مقدمة العلوم التى تهتم بدراسة وتحليل الآداء الحركى الإنسانى فى إطار العوامل المؤثرة على الأداء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة سواء كانت هذه العوامل عوامل بيولوجية أو فسيولوجية أو تشريعية أو عوامل اجتماعية، وبيئية ونفسية، أو عوامل تدريبية أو عوامل ميكانيكية، مستهدفا الوصول إلى أنسب الحلول الميكانيكية الحيوية للمشاكل الحركية المطروحة للبحث والدراسة، وتعميم المعلومات المكتسبة حول فن الأداء الأنسب لألوان الأنشطة الرياضية المختلفة كل على حده، ووضع ذلك فى صور أسس ثابتة للميكانيكا الحيوية، بما يخدم فن الآداء الرياضى الأنسب.

لذلك راعيت أن يتناول هذا الكتاب ماهية الميكانيكا الحيوية وتعريفاتها ومجالات البحث فيها، وأغراضها، والتطور التاريخى لها، المفاهيم الميكانيكية الحيوية، وكينماتيكا كلا الحركتين الخطية والدائرية، وكيناتيكا كل من الحركتين الانتقالية والدائرية، والاستاتيكا وخواص واستعدادات جسم الإنسان، وميكانيكا الموائع، ودراسة الحركة الرياضية، والأسس الميكانيكية الحركية، وتحليل تكنيك أداء بعض الأنشطة الرياضية.

ولقد كان الغرض الأساسى من تقديم هذا الكتاب هو أن يجد فيه الطالب المتخصص فى مجال الميكانيكا الحيوية والمدرس والمدرب حاجته للاستزادة بأحدث المعلومات المرتبطة بفنية الآداء الحركى وأفضل الطرق والأساليب لدراسة آداء المهارات الحركية فى مختلف الأنشطة الرياضية فى إطار التكامل بين النظرية والتطبيق.

وادعو إلى الله سبحانه وتعالى أن أكون قد وفقت فى الإسهام والمشاركة بهذا الجهد المتواضع فى ملىء فراغ ولو ضئيل مما تعانيه المكتبة العربية فى مجال الميكانيكا الحيوية.

أ. د. عادل عبد البصير على

عميد كلية التربية الرياضية

ببورفؤاد - بورسعيد

بورسعيد

مارس ١٩٩٠م



مقدمة الطبعة الثانية

هذه الطبعة الثانية لكتاب (الميكانيكا الحيوية والتكامل بين النظرية والتطبيق فى المجال الرياضى)، أعدت لعدة أسباب: السبب الأول هو مضى سبع سنوات على استخدام هذا المرجع مما يتطلب إضافة بعض المعلومات الحديثة نتيجة للبحوث فى مجال الميكانيكا الحيوية. السبب الثانى بعض المواد التى يحتويها هذا المؤلف منذ سبع سنوات تحتاج إلى طرق ووسائل إيضاح أكثر. السبب الثالث إقبال المتخصصين فى مجال الميكانيكا الحيوية والتربية الرياضية والرياضة على الاطلاع على هذا المؤلف.

والله ولى التوفيق.

أ.د. عادل عبد البصير على
أستاذ الميكانيكا الحيوية وعميد كلية
التربية الرياضية ببورسعيد
١٩٩٨م

الفصل الأول
الميكانيكا الحيوية

١ ـ ماهية الميكانيكا الحيوية وتعريفاتها .

٢ ـ مجالات البحث فى الميكانيكا الحيوية .

٣ ـ أغراض الميكانيكا الحيوية .

٤ ـ التطور التاريخى للميكانيكا الحيوية .

الفصل الأول

الميكانيكا الحيوية

١ ـ ماهية الميكانيكا الحيوية وتعريفاتها ؟

أطلق مصطلح «الميكانيكا الحيوية» على المادة كتعريف للمصطلح اليونانى *biomechanics*، ويتكون هذا المصطلح من كلمتين يونانيتين هما *"bio"* ومعناها الحياة و*mechanice* ومعناها علم الميكانيكا، وقد تطور هذا الاسم بمراحل عديدة سارت جنبا إلى جنب ملازمة لتطور المادة نفسها.

وقد كان الاسم الشائع عندما بدأت مهارات الأنشطة الرياضية تخضع للتحليل الحركى من زاوية الميكانيكا البحتة هو «التحليل الميكانيكى» *Mechanical Analysis*، وعندما تطورت المعالجة العلمية للتحليل الحركى لحركة جسم الإنسان أطلق على المادة مصطلح «علم الحركة» *Science of Movement. Kinesiology* وكان مصطلح علم الحركة يستعمل لوصف المحتوى العلمى المتعلق بتكوين ووظيفة الجهاز العضلى ـ العظمى لجسم الإنسان، وانتشرت بعد ذلك دراسة وتطبيق الأسس الميكانيكية على حركة الإنسان ضمن نطاق علم الحركة.

وأصبح أخيراً مصطلح يطلق على أى دراسة لأى علم يتعلق بحركة جسم الانسان، حتى أن كثيرا من جامعات الولايات المتحدة الأمريكية وخاصة بولاية كاليفورنيا أطلقت مصطلح «علم الحركة» على «التربية الرياضية».

لذا بدأ التفكير فى اختيار مصطلح جديد يطلق على العلم الجديد ويعبر عن أهدافه واختصاصاته ومحتواه، واقترحت أسماء عديدة مثل: *An Thropomechanics, Anthropokinetics, Biokinetics, Homokinetics, Kinathropology.*

إلا أن مصطلح «الميكانيكا الحيوية» لاقى تأييداً كبيرا ليصبح الإسم الجديد لهذه المادة.

ومن ثم ظهرت تعريفات كثيرة لاصطلاح «الميكانيكا الحيوية» نذكر منها ما يلى:

١ـ «هى الأسس الميكانيكية للنشاط العضلى البيولوجى ودراسة المبادىء والعلاقات المتواجدة (٦٢ : ١٠٠ ـ ١٠٤).

٢ـ هى تطبيق القوانين الميكانيكية على الأجسام الحية وخاصة على الجهاز الحركى لجسم الإنسان (٣٢ : ٢١٠ ـ ٢١٥).

٣ـ هى العلم الذى يدرس القوى الداخلية والخارجية المؤثرة على جسم الإنسان والآثار الناتجة عن هذه القوى (٤١ : ٢ ـ ٦).

٢ـ مجالات البحث فى الميكانيكا الحيوية:

حدد فارتن فيلد (١٩٧٤) مجالات الميكانيكا الحيوية فيما يلى:

التربية الرياضـــية.

الأطراف الصناعية.

الصناعـة والإنـتاج.

ويعتبر مجال الرياضة والتربية الرياضية هو المجال الحيوى بالنسبة لدراستنا الحالية. حيث يهدف ذلك المجال إلى:

اشتراك الميكانيكا والتشريح والبيولوجى والفسيولوجى جنبا إلى جنب لدراسة الحركة البشرية فى المجال الرياضى، خصوصا وأن حركات الجسم البشرى معقدة إلى حد كبير ويتطلب دراستها التعمق العملى من أجل البحث فى أسرارها، ويستطيع المساهمة فى ذلك مختلف العلوم سالفة الذكر حيث يتناولها كل علم من زاويته للحصول على معلومات متكاملة للمهارات الحركية المختلفة فى مجال الأنشطة الرياضية.

ومن هذا المنطلق كان على الميكانيكا أن تفسر لنا كيفية تواجد القوة العضلية، وكيفية تأثيرها ميكانيكيا.

وعليه فإننا نقوم بدراسة الحركة ومدى تأثير مختلف القوى عليها، والشروط والظروف المحيطة بالأداء الحركى.

ويمكن القول إن المجال الرئيسى للميكانيكا الحيوية هو البحث فى القواعد

والشروط والأصول الفنية لمختلف المهارات الحركية فى التربية الرياضية بطريقة موضوعية ملموسة.

وليس من شك أن الدراسة الموضوعية للمهارة الحركية تساهم فى إيجاد الأسس والقواعد والشروط المناسبة لأفضل وأنسب وأعلى آداء مهارى ممكن.

التكنيك الأنسب فى حدود القدرات البشرية:

كذلك تعمل دراسة الميكانيكا على توسيع قاعدة المعلومات النظرية حول مختلف ألوان الأنشطة الرياضية من أجل القدرة على الابتكار فى المجال الرياضى، وتحقيق أقصى إنجاز حركى ممكن.

والمشاهد للدورات الأوليمبية وبطولات العالم يلمس ذلك عن قرب.

وتلعب الميكانيكا الحيوية دورا هاما فى مجال التعلم المهارى للمبتدىء فى المدرسة، وكذلك للمتقدم على المستوى المهارى العالى فى الأداء بالنسبة لمجال التدريب.

وتساهم الميكانيكا أيضا فى ميدان العلاج الطبيعى والتمرينات العلاجية للمعاقين حركيا وأيضا فى مجال تركيب الأطراف الصناعية للمعاقين حركيا، وأيضا فى مجال تركيب الأطراف الصناعية للجسم البشرى للقدرة على الحركة العادية.

وذلك من خلال قياس مقادير الزوايا والمدى الحركى للمفاصل البشرية، وتصنيع أطراف مشابهة لها ولها نفس القواعد الفنية.

٣ـ أغراض الميكانيكا الحيوية:

يقول دنسكوى «إن التمارين البدنية هى الوسيلة الرئيسية الوحيدة لتحليل أغراض الثقافة البدنية، ولايمكن ممارستها ممارسة سليمة إلا إذا كانت قد بحثت من جميع الوجوه».

ويتطلب التمرين البدنى أساسا من علم الميكانيكا الحيوية إيجاد التكنيك الرياضى وتعليمه سواء فى التدريب أو فى درس التربية الرياضية.

وانطلاقا من هذا المفهوم تحددت أغراض الميكانيكا الحيوية بالآتى:

١- وضع البحوث الخاصة بالأداء الرياضى الأنسب، ومعنى ذلك إيجاد انسب الحلول الميكانيكية الحيوية لتحقيق هدف الحركة الرياضية.

٢- تعميم المعلومات المكتسبة عن التكنيك الأنسب لأنواع الرياضات المتعددة ووضعها فى صورة أسس ثابتة للميكانيكا الحيوية بما يؤدى إلى خدمة التكنيك الرياضى الأنسب.

٣- إيجاد طرق سهلة لبحث الحركة الرياضية (الاختبارات الرياضية لتساعد المدرس والمدرب فى تحديد الأخطاء واكتشافها موضوعيا أثناء الحركة الرياضية.

٥- الاستناد على استخدام أسس الميكانيكا الحيوية فى التدريبات الخاصة الهادفة الى القدرات البدنية والنفسية المطلوبة مثل (القوة، السرعة، رشاقة الجسم، القدرة على رد الفعل وسرعته). (١٧ : ٢٣ - ٣٩)

٤- التطور التاريخى للميكانيكا الحيوية:

فى عام (٣٢٣ - ٢٨٤ق.م) كان أرسطو أول من أشار إلى هذا العلم فى مؤلفاته حيث تناول مركز الثقل وقوانين الروافع وأثرها على حركة الاجسام وشرح أثر حركة الذراعين على سرعة العدو. كما وصف حركة المشى.

وفى عام (٢٠١ - ١٣١ق.م) برهن جالن العالم والطبيب المعروف على أن الدفع الحركى ينتقل من المخ إلى العضلات عن طريق الأعصاب حيث يؤثر فى العضلات التى تنقبض بدورها وتسبب حدوث الحركة، وساهم جالن فى تطوير علم التشريح.

حيث بدأه على القردة والكلاب والأغنام والفيلة، وكانت أبحاثه قاصرة على الحيوانات، لأنه لم يكن بالإمكان تشريح جثث الإنسان.

وفى عام (١٤٥٢ - ١٥١٩م) جاء العالم والفنان والهندسى الإيطالى ليونارد دافنشى، الذى درس الطبيعة والتشريح وكان مولعا بدراسة حركة الإنسان فقام بدراسة تكوين جسم الإنسان على الجثث البشرية، وأعلن أن جسم الإنسان خاضع لقوانين الميكانيكا.... وكان ذلك يعد عملا عظيما فى ذلك الوقت كما وضع وصفا ميكانيكيا لجسم الانسان فى عدة نماذج.

ولقد اضطر ليونارد دافنشى أن يحيط أعماله بسياج من السرية خوفا من بطش الكنيسة ولذلك لم تنشر أبحاثه إلا بعد مائة عام - عندما قام عالم آخر بنفس الأبحاث والاكتشافات (٤ : ٣١٤).

وفى عام (١٩٧٩) وضع العالم الإيطالى الفوتوبوريللى أول كتاب فى الميكانيكا الحيوية وأطلق عليه اسم «من حركات الحيوانات» لقد جاهر فيه بأبحاثه عن تحديد مواقع مركز ثقل جسم الإنسان التى اعتمد فيها على تطبيق قانون الروافع - كما كانت تدور أبحاثه حول الحركة الانتقالية للإنسان والحيوان، وتبويبها من حيث علاقتها بالظروف المحيطة بها (الدفع من الأرض، والدفع من وسط آخر مثل الماء، والدفع من الأداة مثل السلم).

كما ساهم بوريللى فى تطوير حركة الإنسان واهتم بتطبيق المعادلات الرياضية فى حل مشاكل الحركة وأوضح أن العضلات تعمل - إلى حد ما - وفقا لمعادلات وقوانين ميكانيكية وطبيعية. ويعتبر أول من وضع تدريبات للعلاج الطبيعى على أساس ميكانيكى.

وفى عام (١٦٤٢من - ١٧٢٧م) كان اسحاق نيوتن علامة بارزة من علامات تطوير علم الميكانيكا والحركة، بوضعه لقوانين الميكانيكية الأساسية التى تعتبر أعمدة علم الميكانيكا الحيوية الآن.

وفى عصر النهضة الصناعية عام (١٨٣٦م) ازدهرت العلوم الطبيعية وزادت الرغبة فى بحث حركة الأجسام الحية حتى نشر العالمان الفسيولوجيان ى.ب فيبر. من نتائج أبحاثهما عن الحركة الانتقالية للإنسان وعن حركة المشى، ووضعا بعض النظريات عن حركة المشى حيث وضعا سلسلة موضوعية من التحليل الحركى.

وفى عام (١٨٧٧م) جاء اختراع التصوير الذى دفع بأبحاث الحركة خطوات إلى الأمام، وبدأ استخدامه بأخذ لقطات خاطفة للحركات. ثم تلى ذلك ما قام به المصور الأمريكى هاى بريدج من عمل سلسلة صور للحركة حيث أقام ٢٤ آلة تصوير بجانب بعضها لتصوير حصانا وراكبة بطريقة أوتوماتيكية أثناء ركضه ركضة كاملة.

وبدأوا فى تصوير حركة الجرى بعد ذلك عندما تقدم وتطور التصوير السينمائى حيث تم تصوير الإنسان بعد وضع ستارة خلفية سوداء، وألبسوه ملابس بيضاء، ثم بدلة سوداء بها شرائط لامعة بيضاء ليمكن تحديد محاور الجسم بها.

واستبدلت الشرائط بعد ذلك بنقاط مضيئة عند نهاية المحاور بعد ذلك تمكنوا من تحديد المسارات الحركية للحركة الرياضية تم دراستها بطريقة موضوعية حيث أمكن بعد ذلك قياس الزمن مع التصوير السينمائى.

جاء العالمان الألمانيان فيشر وبراون وبحثا فى نسبة كتل أجزاء الجسم المختلفة وتحديد مركز ثقل كل منها. حساب العجلة والسرعة مع مراعاة اختلاف كتل اجزاء الجسم.

وفى عام (١٩٠٩م) أدخل لجافت طريقة بحث جديدة مرتبطة بالتشريح والميكانيكا الحيوية، وكان أول من وضع الأساس التشريحى الفسيولوجى للإجابة على استفسارات التربية البدنية ولقد بحث فى العلاقة بين شكل الجسم ووظيفته وعلاقته بالبيئة المحيطة.

وفى عام (١٩٣٩م) لعب كتاب الميكانيكا الحيوية للتمرينات البدنية الذى ألفه كوتوتيكوفا - وهو أستاذ الميكانيكا الحيوية بمعهد لينجراد للثقافة البدنية دورا كبيرا من إعداد الرياضيين حيث ظهرت العديد من الكتب بعد ذلك.

وبارتفاع المستوى العلمى وتطوير السينما تم التوصل إلى معلومات جديدة فى مجال أبحاث الميكانيكا الحيوية، وكذلك قام أبلاكوف - بتطوير مجموعة خاصة من أجهزة تسجيل القوى لاستخدامها فى قياس القوى فى المجال الرياضى.

وتطورت المادة، وزاد نشاط العلماء فى البحث فى الميكانيكا الحيوية فى المجال الرياضى حتى تم اكتشاف الأسس العامة للميكانيكا الحيوية فى المجال الرياضى، وأمكن استخدامها لخدمة الحركة الرياضية.

الفصل الثانى

مفاهيم الميكانيكا الحيوية

١ - الحركة .

٢ - خصائص الحركة الرياضية .

٣ - الحركة النسبية .

٤ - أنواع الحركة .

الفصل الثانى

مفاهيم الميكانيكا الحيوية

تخضع الحركات التى يقوم بها الإنسان أثناء التدريبات الرياضية مثلها فى ذلك كمثل باقى الأجسام الصلبة للقانون العام الذى يشير إلى أن كتلة الجسم لا تتحرك من سكونها أو تغير حركتها إلا إذا وقعت تحت تأثير قوة ما . وتنشأ مثل تلك القوة المؤثرة عن التبادل الذى يتم بين القوة العضلية للاعب، وبين القوى الخارجية للبيئة المحيطة به، ويكون ذلك متمثلا فى معظم الحالات فى الصراع ضد قوة الجاذبية الأرضية، وقد تكون القوة للاعب أكبر أو أقل من القوى الخارجية التى تواجهها .

ففى حالة تمكن القوة العضلية للاعب من التغلب على القوى الخارجية أى عندما يتمكن جسم اللاعب من أداء حركة ما، فإننا يمكننا القول إن هذه الحركة ذاتية ـ مثل الوثب لأعلى ـ وفى الحالة الأخرى أى عندما لاتتمكن القوة العضلية من التغلب على القوى الخارجية وتزيل أثرها، فإن الأمر يكون متعلقا بما يطلق عليه الحركة غير الذاتية ـ مثل الانزلاق على الجليد فى اتجاه الهبوط ـ إلا أن الارتباط بين تأثير القوة والحركة من الأمور التى لاتضعها الكينماتيكا فى الاعتبار، فإن علم الكينماتيكا لايهتم إلا بتوضيح ووصف أنواع الحركات المختلفة، وذلك باستخدام المتغيرات الخاصة بالسرعة والعجلة التى وضعت على أساس من قياسات المسافة والزمن، وعلى العكس من ذلك، فإننا نرى أن علم الديناميكا يبحث عن الارتباط الفرضى بين تأثير القوة والانواع المختلفة من الحركات كما يحدث فى الشروط التى يمكن أن تنشأ تأثيرات القوة فى ظروفها، وتعد المعرفة بالكينماتيكا شرطا أساسيا يجب توفره لفهم الديناميكا .

الحركـــة

١ ـ تعريف الحركة :

الحركة بوجه عام هى انتقال جسم أو دورانه فى المكان لقطع مسافة معينة فى زمن معين. والحركات الرياضية هى انتقال أو دوران أجزاء الجسم فى المكان لقطع مسافات مختلفة فى أزمنة مختلفة لتحقيق هدف معين للحركة، ويجب أن يكون للحركة مستوى معين بمعنى أنها تتقيد بطريقة أداء خاصة.

٢ ـ خصائص الحركة الرياضية :

تنحصر خصائص الحركة الرياضية فيما يلى :

ـ لها هدف محدد.

ـ تتحرك جميع أجزاء الجسم المختلفة متعاونة لتحقيق هذا الهدف.

ـ لها مستوى أى تتميز بطريقة أداء خاصة.

٣ـ الحركة النسبية :

الحركة فى المفهوم الميكانيكى كما سبق القول هى إن يغير الجسم مكانه فى مساره الزمنى ولايمكن تصور حدوث مثل ذلك التغير فى المكان إلا بالمقارنة بالنسبة لجسم آخر.

فمثلا عند تحرك كرة أو قرص أو رمح تكون الحركة منسوبة للأرض وعند جرى شخصين تكون حركة أحدهما منسوبة للآخر والشخصان منسوبان لشىء ثابت ثالث.

فعند تحرك بعض أجزاء الجسم تكون حركتها منسوبة إلى الأعضاء الأخرى وفى نفس الوقت تكون منسوبة إلى نقطة ثابتة أخرى، فمثلا على جهاز العقلة تكون حركة أجزاء الجسم والجسم كله منسوبة إلى عارضة العقلة.

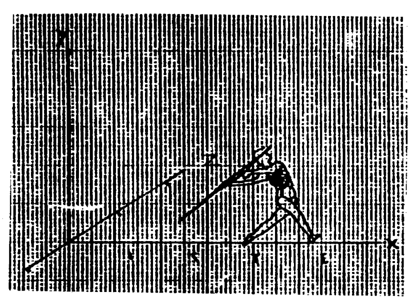
وبهذه النقطة النسبية يمكن ملاحظة الحركة من حيث اتجاهها وسرعتها.

ولدراسة حركة أى جسم يلزمنا مايلى :

١ـ هيكل رصد : مكون من ثلاثة محاور متماسكة وملتقية فى نقطة، ويفضل أن تكون متعامدة بعضها على البعض.

وينسب موضع الجسم إلى هذا الهيكل.

وتبدو هذه المحاور الثلاثة المتعامدة على بعضها البعض كأنسب محاور للحركات الرياضية شكل(١).



شكل (١) هيكل الرصد

محاور الرصد :

١ـ المحور الأفقى أو المحور السينى:

ويكون فى اتجاه الحركة الرئيسى موازى لسطح الأرض.

٢ـ المحور السهمى:

ويكون مواز لسطح الأرض ولكن عمودى على المحور الأفقى أى مقاطع للاتجاه الرئيسى للحركة.

٣ ـ المحور الرأسى أو المحور الطولى:

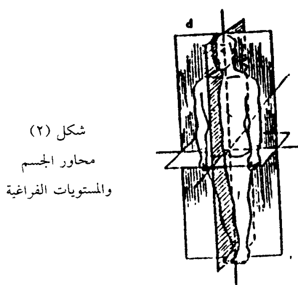
ويكون مار من الرأس للقدمين وعمودى على سطح الأرض.

٤ـ أنواع الحركة :

هناك عدة أنواع من الحركات وكذا عدة تقسيمات ولكن كل تقسيم يرتبط بزاوية من الرؤية خاصة به.

ويمكن تقسيم الحركات وفقا لعدة أسس على النحو التالى:

١ـ تقسيم الحركات وفقا للأسس الفسيولوجية .
٢ـ تقسيم الحركات وفقا للأسس المرتبطة بمراحل الحركة .
٣ـ تقسيم الحركات وفقا للأسس الميكانيكية .



شكل (٢)
محاور الجسم
والمستويات الفراغية

أولاً: التقسيم وفقا للأسس الفسيولوجية

يرتبط هذا التقسيم بالوظائف الخاصة بالحركات فى جسم الإنسان حيث تعتمد حركة جسم الإنسان على الانقباض العضلى الذى ينتج قوة محركة ويحتوى تركيب جسم الإنسان على تقسيم فسيولوجى على النحو التالى :

(١) الحركات الإرادية :

وهى تلك الأنواع من الحركات التى يقوم بها الإنسان وفقا لإرادته الشخصية، كما أنه من الممكن التحكم فى هذه الحركات ومن أمثلة هذا النواع مختلف أنواع المهارات الحركية فى مجال النشاط الرياضى الفردى أو الجماعى أو المنازعات .

(٢) الحركات اللاارادية:

وهى التى يقوم بها الفرد نتيجة لمؤثرات لاتخضع للإرادة مثل حركات المعدة والأمعاء فى عملية الهضم والامتصاص والقلب والأجهزة الرخوية الداخلية بجسم الإنسان .

وهناك اختلافات فى السرعة والانقباضات العضلية بين العضلات الإرادية وغير الإرادية .

ثانياً: تقسيم الحركات وفقاً للأسس المرتبطة بمراحل الحركة:

وتشير معظم المراجع التى تتناول دراسة تقسيم الحركة إلى أنه يمكن تقسيم الحركة وفقاً للأسس المرتبطة بمراحل أدائها إلى مايلى :

الحركة الوحيدة :

وهى التى تؤدى لمرة واحدة فقط ، كما أنها تعتبر حركة متكاملة ولها هدف واضح ولها بداية وأساس ونهاية، ويتميز هذا النوع بأن له ثلاثة مراحل يمكن مشاهدتهم بوضوح وهم :

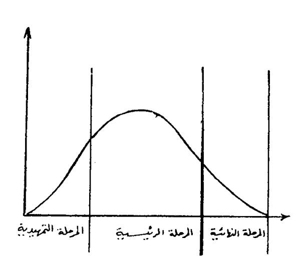
(١) الجزء التمهيدى .

(٢) الجزء الأساسى .

(٣) الجزء النهائى .

وهناك العديد من الأمثلة على هذا النوع .

كحركات الجمباز على جميع الأجهزة، وكذلك حركات الغطس، دفع الجلة ورمى الرمح وتطويح المطرقة والوثب العالى والطويل والثلاثى والقفز بالزانة فى ألعاب القوى والتصويب على المرمى فى كرة القدم وكرة اليد وكرة السلة الخ .



شكل (٣) المنحنى البيانى للحركة الوحيدة

الحركات المتكررة :

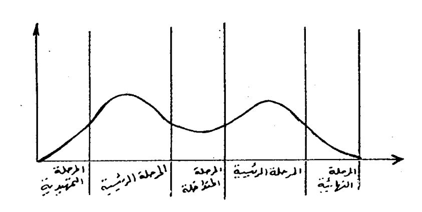
وهى تلك الحركات التى تكرر نفسها بنفس الأسلوب، وقد تسعى الحركات ثنائية المراحل حيث أنها تبدو من الشكل الخارجى لها ولو كانت حركات ذات مرحلتين.

وتتكون الحركات المتكررة من مرحلتين:

١- مرحلة الأساسية: وهى التى يتم فيها إنجاز الهدف الحركى الأساسى كما فى الحركات الوحيدة.

المرحلة المزدوجة : وقد تسمى المرحلة الختامية والتحضيرية بمعنى أن تكون نهاية الحركة الختامية للمهارة الأولى وهو الجزء التحضيرى للمهارة الثانية.

كما يلاحظ أن هذه المرحلة متداخلة فى بعضها وهى التى تقوم بربط بداية الحركة مع نهايتها، ويبدو ذلك واضحا فى السباحة.. التجديف.. المشى.. الجرى.. الدراجات، كما فى شكل (٤).



شكل (٤) المنحنى البيانى للحركة المتكررة

الحركات المركبة :

وهى تلك الحركات التى تجمع ما بين عدة حركات من نوع الحركات الوحيدة والحركات المتكررة. وقد تسمى بالجملة الحركية كما فى الحركات الأرضية فى الجمباز والحركات المركبة وتؤدى من حركتين فأكثر وهنا يحدث أحيانا اختزال للجزء النهائى للمهارة الأولى، ويدخل ويحل محله الجزء الابتدائى للمهارة الثانية.

ثالثاً: تقسيم الحركات وفقا للأسس الميكانيكية

يمكن تقسيم الحركات وفقا للأسس الميكانيكية على النحو التالى:

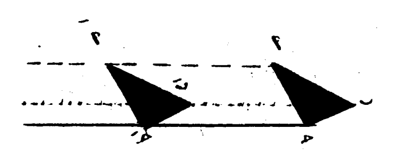
*** التقسيم من حيث المسار الزمنى:**

أ ـ حركة منتظمة : وهى تلك الحركات التى تسير بسرعة ثابتة أو التى يقطع فيها الجسم وحدات مسافية متساوية فى وحدات زمنية متساوية، حيث يقطع الجسم مثلا ٢ متر فى الثانية وبصفة مستمرة. وهذا النوع غير وارد فى الأنشطة الرياضية.

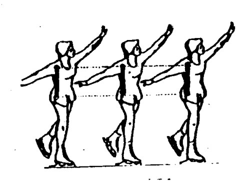
ب ـ حركات غير منتظمة : وفيها يقطع الجسم مسافات غير متساوية فى وحدات زمنية متساوية وهذا اللون منتشر فى الأنشطة الرياضية حيث تتغير سرعة الحركة بالزيادة أو النقصان فيقطع الجسم مسافات غير متساوية فى وحدات زمنية متساوية.

*** التقسيم وفقا للمسار الهندسى للحركة:**

أ ـ الحركات الانتقالية: وفى هذا النوع من الحركات تقطع نقاط الجسم خطوطا متوازية مع بعضها، ويمكن تقسيم الحركة الانتقالية إلى نوعين:



شكل (٥) الحركة فى خط مستقيم



شكل (٦) الانزلاق على الجليد

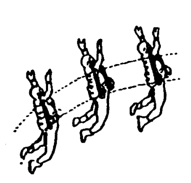
الحركة المستقيمة :

وقد تسمى أيضا الحركة الخطية ويعنى ذلك أن الجسم يتحرك كله بحيث أن كل جزء من أجزائه يتحرك نفس المسافة فى نفس الإتجاه وبنفس السرعة، كما فى الانزلاق على الماء أو الجليد، أى تنتقل جميع نقاط الجسم انتقالا متساويا ومتوازيا، ويظل أى خط فى الجسم تبعا لذلك موازيا لما يقابله طول فترة الأداء.

ب - الحركة الانتقالية المنحنية :

وهى الحركة التى تتم فى خط منحنى أثناء انتقال الجسم، وهى تختلف عن الحركة الدائرية فى أن الحركة الدائرية يكون محور دورانها داخل أو خارج الجسم، أما الحركة المنحنية الانتقالية فيكون محور دورانها خارج الجسم.

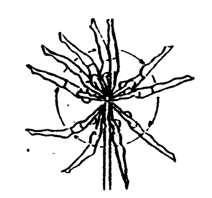
كما تعرف الحركة الانتقالية المنحنية بأنها حركة انتقالية لاتتم فى خط مستقيم ولكن تتحرك فى مسار منحنى، ويتضح ذلك فى حركة رجل المظلات بالنسبة للجذع، حيث تأخذ حركة الجذع خطوط منحنية بدلا من أن تكون مستقيمة.



شكل (٧) الحركة المنحنية (لرجل المظلات)

جـ - الحركات الدائرية أو الزاوية :

وهذا النوع من الحركات وارد بكثرة فى مجال الأنشطة الرياضية، وفيه ترسم أى نقطة من الجسم قوس أو دائرة حول محور دوران قد يكون داخل الجسم أو خارج الجسم ويسمى محور الدوران ثابت فى حالة لو كان الجسم فى وضع دائرى واحد كما فى المرجحة على العقلة أو المتوازيين.



شكل (٨) الحركة الدورانية حول محور ثابت (الدائرة العظمى حول عارضة العقلة)

أما فى حالة أداء تلك الحركات التى تتطلب تحريك مختلف أجزاء الجسم حول محاور وهمية فلا تكون أبعاد الجسم ثابتة مثل حركات رمى الرمح تطويح المطرقة ودفع الجلة. وقد تتم الحركة حول محور داخلى للجسم كما فى رفع الرجل أو الذراع لأعلى. وهناك من المحاور الحقيقية المحاور التى تؤدى عليها مختلف ألوان المهارات الحركية الرياضية.

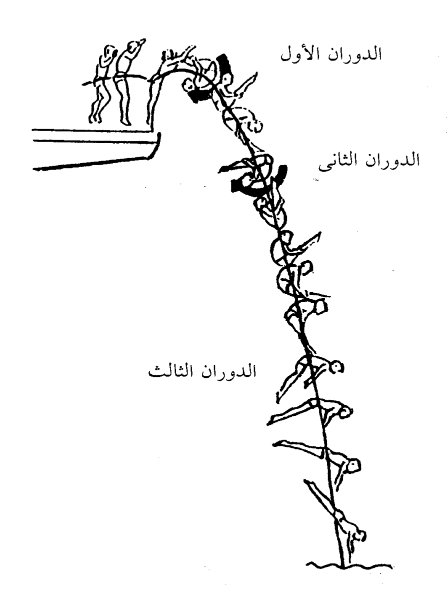
كما تعتبر مختلف حركات المفاصل فى جسم الإنسان حركات فى أقواس أو فى دوائر وفقا للحركات التشريحية التى يمكن للمفصل أن يؤديها.

والسواد الأعظم من الحركات التى يؤديها جسم الإنسان تعتبر حركات دائرية فيما عدا حركة الجذع، حيث تعتبر حركة مستقيمة منحنية وخصوصا فى مجال النشاط الرياضى، فحركة الذراع أماما وخلفا تعتبر حركة دائرية أو فى أقواس. وكذلك حركة مفصلى الفخذين فى المشى، أو فى الجرى أو فى مرجحه الرجل أماما وخلفا.

وفى مجال الأداء المهارى قد تؤدى مجموعة مفاصل الجسم عدة حركات دائرية مختلفة المراكز مثل مهارة دفع الجلة أو رمى القرص.

د ـ الحركة العامة :

ويمكن أن تكون الحركة عامة بمعنى أن تضم بين خصائص الحركة الدائرية والحركة المستقيمة حيث يمكن أن تؤدى المهارة بحيث يسير الجسم حول محور بينما يسير المحور نفسه فى اتجاه معين حركة انتقالية، وذلك كما فى حركات الغطس وحركات الجرى والمشى والدراجات والسباحة والسلاح.



شكل (٩) الحركة العامة
الدورة الخلفية المستقيمة للداخل مع تغيير الاتجاه نصف لفة
متبوعة بدورة هوائية أمامية متكورة عن Masurow

الفصل الثالث

كينماتيكا الحركة المستقيمة

١ ـ السرعة الخطية.
٢ـ الكميات القياسية والموجهة.
٣ـ المتجهات والتركيب الهندسى لها.
٤ـ السقوط الحر .
٥ـ العجلة.
٦ـ حركة المقذوف.

الفصل الثالث

كينماتيكا الحركة المستقيمة

LINEAR KINMATIC

١ ـ السرعة الخطية : *VELOCITY*

من تعريف الحركة نجد أنه إذا تحرك جسم ما مسافة قدرها (ف٢ ـ ف١) فى زمن قدره (ن٢ ـ ن١) فإنه يمكن حساب السرعة المتوسطة من العلاقة التالية :

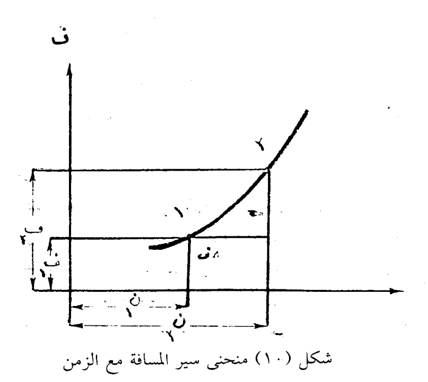
$$ع = \frac{ف_٢ - ف_١}{ن_٢ - ن_١} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (١)$$

ولكن فى معظم الأحيان عندما يتعلق الأمر بدراسة الاختلافات الجوهرية بين الاساليب التكنيكية المختلفة لأداء الحركة الرياضية يتطلب ذلك معرفة سرعة الجسم أو أحد اجزائه بعد قطع مسافات متباينة فى أزمنة متناهية فى الصغر وتقترب من الصفر، ويعنى ذلك دراسة السرعات اللحظية لمراكز ثقل كتل كل من أجزاء الجسم والجسم فى الأوضاع المختلفة المحددة كنقاط للدراسة خلال المسار الحركى لأداء المهارة الرياضية والتى يمكن الحصول عليها باستخدام المعادلة التالية :

$$ع_{اللحظية} = نها_{ن \to صفر} \frac{ف_٢ - ف_١}{ن_٢ - ن_١} = \frac{\Delta ف}{\Delta ن} = \frac{د ف}{د ن} \quad \ldots \quad (٢)$$

حيث أن الرمز (نها) اختصار لكلمة نهاية ونعنى بها نهاية ما يصل إليه الفرق فى المسافة إلى الفرق فى الزمن $\frac{\Delta ف}{\Delta ن}$ عند اقتراب Δ ن من الصفر

ويوضح الشكل (١٠) كيفية الحصول على عنصرى السمافة والزمن الصغيرين جدا من سير الحركة الرياضية إذا سجلت بالتصوير السينمائى وسيأتى الحديث عنه بالتفصيل فيما بعد. ويجب التنويه بأنه من الصعب قياس عنصر الزمن الصغير جدا بساعة إقاف لأن خطأ الإيقاف الشخصى، قد تصل إلى أكثر من ٥٠٪.



شكل (١٠) منحنى سير المسافة مع الزمن

٢ـ الكميات القياسية والموجهة : *Vectors and Scalars*

السرعة ـ السرعة المتجهة *Speed - Velocity*

اعتدنا أن نقول إن السرعة، والسرعة المتجهة لهما نفس المعنى وهو المعدل الذى تقطع به مسافة معينة وتقاس غالبا بالقدم/ ثانية. أو كيلو متر/ساعة. . الخ، ولكن يجب أن تعرف أن هناك فرقا بينهما ميكانيكيا حيث أن السرعة ماهى إلا المسافة المقطوعة من الجسم فى وحدة الزمن خلال الطريق الذى يسلكه بدون مراعاة الانتظام فيه أى هى مقدار السرعة فقط.

فى حين أن السرعة المتجهة هى المعدل الذى يغير فيه الجسم وضعه فى اتجاه معين، وعلى سبيل المثال فإن الإجراءات التى يتخذها لاعب الماراثون تعتمد على السرعة التى يقطع بها مناطق معينة من الجرى وهذا الحكم على مقدار السرعة وليس على الاتجاه الذى يتخذه العداء، وخلال الجرى فإن العداء سيجرى بسرعات مختلفة وفى اتجاهات متعددة. وفى كل لحظة سيكون له سرعة ما، وعليه فإن هذا اللاعب دائما له سرعة لحظية وهى السرعة لحظة القياس وهى بالطبع تتغير مع معدل حركته واتجاهه.

إذن السرعة اللحظية تعتمد على قيمة واتجاه الحركة أى أن السرعة اللحظية تحدد بمقدار واتجاه.

أى أن السرعة المتجهة دائما تحدد بقيمة واتجاه الحركة، بينما السرعة تحدد بالقيمة فقط.

وهذا الفرق بين كمية السرعة والسرعة كمتجه يوضح الفروق الطبيعية بين الكميات القياسية والكميات المواجهة.

حيث أن الكمية القياسية: هى الكمية التى تكفى قيمتها لدلالة عليها والاستفادة منها فى حل مشاكل الميكانيكيا الحيوية المختلفة، ومن هذه الكميات الوزن، الحجم، والمساحة، والزمن والكثافة.. الخ.

أما الكمية الموجهة: فهى تلك الكمية التى تمتلك مقدارا واتجاها كالسرعة مثلا ٢٠كم/س فى اتجاه الشرق وأيضا العجلة، وكمثل حركة جسم بالنسبة لنقطة ثابتة فإن الوضع الجديد للجسم يمثل فى هذه الحالة بيانيا بخط من النقطة الثابتة (ب) ووضع الجسم لحظة الدراسة.

٢ـ المتجهات والتركيب الهندسى لها:

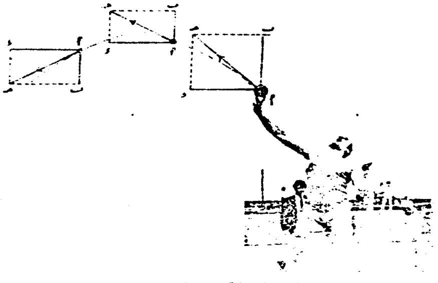
إذا تحرك جسم بسرعة ما، فإنه يجب علينا عند ذكر مقدار هذه السرعة أن نبين أيضا اتجاهها. ولذا يجب تمثيلها بيانيا، ويمكن أن يمثل طول سهم بيانى ـ مقدار هذه السرعة بينما تمثل نقطة التأثير والاتجاه لهذا السهم مكان السرعة واتجاهها فى لحظة معينة بالنسبة للقياس النسبى للحركة.

ومن المهم معرفة اتجاه السرعة كذلك فى لحظة معينا حيث تقع على المماس عند النقطة المحددة لهذا المسار. ولو لم تكن هناك قوى تحتم سير الجسم فى مسار منحنى لاستمر الجسم فى سيره فى خط مستقيم فى اتجاه المنحنى شكل(١١).

شكل (١١) اتجاه السرعة

تحليل المتجهات :

فى شكل (١٢) يمكن تحليل المتجه (أحـ) إلى مركبتين واحدة فى الاتجاه الأفقى (أد) والأخرى فى الاتجاه الرأسى (أب) مع مراعاة أن $\text{أحـ} = \sqrt{\text{أب}^{٢} + \text{أد}^{٢}}$.



شكل (١٢)تحليل المتجهات

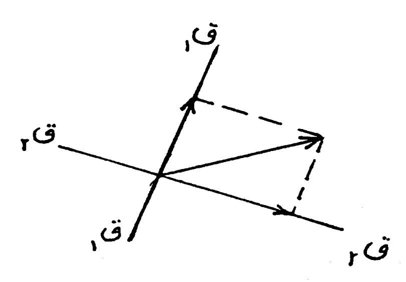
ولو أهملنا مقاومة الريح بالنسبة لوزن الجلة فإنه يمكن اعتبار أن المركبة الأفقية (أد) ثابتة، بينما الحركة الرأسية (أب) تتغير حيث تقل كلما ارتفعنا إلى أعلى إلى أن تصل الجلة الى أقصى ارتفاع لها حيث تصبح السرعة الرأسية لها مساوية صفر بينما تمتلك سرعة أفقية وعقب الوصول لأقصى ارتفاع تبدأ الجلة فى الهبوط تحت تأثير وزنها إلى أسفل حيث تبدأ السرعة الرأسية فى التزايد إلى أسفل كما موضح فى الشكل (١٢) ونظرا إلى أن وزن الجلة ثابت فإن معدل تغير المتجه (أب) إلى أسفل يكون كذلك ثابتا.

جمع المتجهات :

يوضح الشكل الهندسى (١٣) العلاقة بين الموجه ومركبتيه الأفقية، الرأسية، وتكون غالبا أما مربع أو مستطيل ولكن هذه حالات خاصة. حيث يمكن تحليل الموجه الى مركبتين تقع فى مستواه وفى هذه الحالة يكون الشكل متوازى أضلاع القوى.

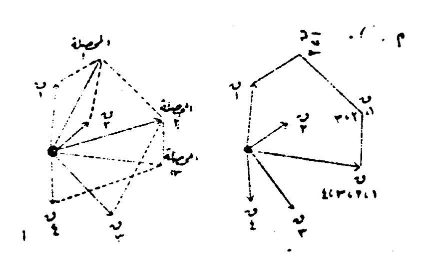
فلو أثرت عدة قوى على جسم ما فى نقطة واحدة وكانت فى مستوى واحد فإنه يمكن اختزالها إلى قوة محصلة واحدة عن طريق تطبيق قاعدة متوازى أضلاع القوى

مع القوتين ق١، ق٢ وإيجاد محصلتيهما ثم تكرر التطبيق مع (ق٣) والمحصلة (ح١)، فتختزل كذلك القوى ق١ ، ق ٢، ق٣ ، إلى المحصلة (ح٢) وهكذا حتى نحصل على المحصلة النهائية للأربع قوى كما موضح فى الشكل (١٣).



شكل (١٣) متوازى أضلاع القوى

وهذه الطريقة يمكن اتباعها مع عدد من القوى المعلومة والمؤثرة فى نقطة واحدة وفى مستوى واحد، كما أنه يمكن الحصول أيضا على المحصلة عن طريق الجمع الهندسى على التتابع للمتجهات الحرة الممثلة للقوى المعلومة كما هو موضح فى الشكل (١٤).



شكل (١٤) الجمع الهندسى للمتجهات الحرة

وفى هذه الطريقة تبدأ بالمتجه الذى يمثل ق١ حيث ترسم من نهايته المتجه الذى يمثل ق٢، ثم بعده المتجه الذى يمثل ق٣، وأخيراً المتجه الذى يمثل ق٤، ومن نهاية ق٤ وبداية ق١ أى المضلع القافل للقوى ويسمى بمضلع القوى ويكون اتجاه المحصلة دائما من بداية ق١، إلى نهاية ق٤.

ونستنتج من هذا أن المحصلة لقوتين على استقامة واحدة وفى اتجاه واحد تساوى المجموع.

٤ـ السقوط الحر:

منذ زمن بعيد كان سقوط الأجسام من الموضوعات التى شغلت اهتمام الفلاسفة، فقد أوضح أرسطوطاليس أن الحركة لأسفل لأى جسم قد وهب وزنا أسرع بما يتناسب مع حجمه، ثم جاء جاليليوجاليلى حوالى ١٥٦٤م ـ ١٦٤٢م ـ وهو عالم إيطالى ـ مكتشفا الحقيقة وعارض ما ذكره أرسطوطاليس بأن الجسم الأثقل يسقط أسرع، وكان هذا الرأى ذائع الصيت خصوصا لو أحضر أحد ريشة طير وكرة من الحديد وقام باسقاطهما فى لحظة واحدة من ارتفاع واحد فسوف تصل الكرة قبل الريشة بكثير.

ولكن إذا قمنا بوضع الريشة فى أنبوبة مفرغة من الهواء، لرأيت الريشة والكرة تصلان إلى الأرض فى وقت واحد. ذلك لأننا عزلنا مقاومة الهواء على الريشة لأن مقاومة الهواء لها تأثير كبير على الريشة فى الحالة الأولى.

وقد أوضح جاليليو نتائجه علنا باسقاط جسمين فى آن واحد أحدهما أثقل بكثير من الآخر وذلك من قمة برج بيزا المائل ولقد وصلا الجسمان معا إلى الأرض بالرغم من أنه لم تكن هناك أجهزة قياس لقياس أزمنة الأجسام الساقطة سقوطا حرا بصورة دقيقة.

كما أضاف جاليليو نتيجة تفيد بأن طبيعة حركة كرة تتدحرج هابطة على مستوى مائل هى نفس طبيعة حركة كرة تسقط سقوطا حرا ولكن فى هذه الحالة تنقص فاعلية عملية الجاذبية الأرضية ولذلك نلاحظ أن حركة الكرة أثناء سقوطها على المستوى المائل بطيئة.

وعليه يمكن أن تلاحظ فى حالة جسم ساقط نحو الأرض يتحرك بعجلة ثابتة تقريبا مايلى:

١ـ فى حالة عدم وجود مقاومة للهواء تسقط كل الأجسام بغض النظر عن حجمها أو شكلها أو وزنها عند نفس النقطة من سطح الأرض إذا سقطت من نفس المكان.

٢ـ فى حالة ما إذا كانت المسافة التى يسقط منها الجسم غير كبيرة فإن العجلة تظل ثابتة أثناء السقوط، ويمكن أن نطلق عليها السقوط الحر لأنها حركة مثالية.

وتسمى عجلة الجسم الساقط سقوطا حرا بعجلة الجاذبية الأرضية أو عجلة التثاقل، ومتوسط مقدارها بالقرب من سطح الأرض هو ٣٢,٢قدم/ث٢ تقريبا أو ٩,٨١متر/ث٢ واتجاهها إلى أسفل فى اتجاه مركز الأرض، ويجب أن نعلم أن قيمة عجلة الجاذبية الأرضية تتغير مع خطوط العرض كما تتغير مع الارتفاع.

السقوط الحر لجسم الإنسان:

لحفظ توازن جسم ما فى الفراغ لابد من تطبيق قوة مساوية لوزن الجسم إلى أعلى لحفظه من السقوط أو لتحريكه إلى أعلى حركة بسيطة، لذا يلاحظ أنه لو ترك جسم حرا بدون أى قوة خارجية مؤثرة عليه فإنه يهبط إلى أسفل تحت تأثير وزنه وبدون أى مقاومة عليه. ويلاحظ أن سرعة الجسم تزداد كلما اقترب من الأرض ويصبح معدل تغير السرعة ٣٢ قدم/ث لكل ثانية من الحركة لأسفل أى أنه فى الحركة الحرة إلى أسفل فإن كل الأجسام بما فيها جسم الإنسان ستتحرك بنفس المعدل فى لحظة معينة أو مسافة معينة.

ويمكن ارجاع هذه الظاهرة إلى شىء واحد هو أن وزن الجسم (قوة جذب الأرض له) يتناسب مع القصور الذاتى وبالتالى فإن قوة جذب الجسم إلى أسفل أكبر من كتلته وتتناسب معها.

بمعنى أننا لو قذفنا جسما كتلته ١٦ رطلاً وآخر ١٢ رطلا من نفس المكان من نقطة مرتفعة عن سطح الأرض وبنفس السرعة فإن زمن وصولهما إلى الأرض يكون واحدا بالرغم من اختلاف وزنهما وهذا لو أهملنا مقاومة الهواء.

٥ـ العجلة : Acceleration

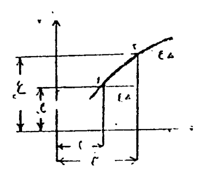
تعرف العجلة بأنها العلاقة بين تغير السرعة والزيادة فى الزمن (التغير فى الزمن) أى أن العجلة عبارة عن معدل التغير فى السرعة بالنسبة للزمن وعلى ذلك فإن الجسم إذا

تحرك حركة مستقيمة بسرعة ثابتة لا تزيد ولا تنقص فإن عجلته تساوى صفرا، أما فى الحالات التى تتغير فيها السرعة سواء بالزيادة أو النقصان بمقادير متساوية فى فترات زمنية متساوية فإننا نحصل على عجلة ثابتة أو عجلة منتظمة سواء كانت سالبة أو موجبة.

وتعتبر العجلة كمية موجهة لها مقدار واتجاه كالسرعة وتكون العجلة موجبة إذا زادت السرعة على التوالى فى فترات متلاحقة من الزمن، وتكون سالبة إذا تناقصت السرعة.

كما أن عجلة أى جسم قد تكون موجبة فى حين أن سرعته سالبة والعكس صحيح.

ويمكن حساب العجلة المتوسطة لأى جسم يتحرك حركة انتقالية إذا ما عرفنا مقادير السرعات فمثلا لو فرض أن سرعة الجسم عند النقطة (١) مقدارها ($ع_١$) وسرعته عند النقطة (٢) مقدارها ($ع_٢$) وكذلك الزمن عند النقطة (١) مساويا ($ن_١$) وعند النقطة (٢) مساويا ($ن_٢$) كما موضح فى الشكل (١٥).



شكل (١٥) السـرعة ـ الزمـن

فإن العجلة المتوسطة يمكن حسابها باستخدام المعادلة التالية:

$$\text{العجلة المتوسطة } (جـ_م) = \frac{ع_٢ - ع_١}{ن_٢ - ن_١} = \frac{\Delta ع}{\Delta ن} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (٣)$$

أما العجلة اللحظية فنحصل عليها إذا أخذنا مقدارا محددا أى عندما تقترب (ن) من الصفر حيث تصبح المعادلة :

$$جـ = \lim_{ن \to \text{صفر}} \frac{ع_٢ - ع_١}{ن_٢ - ن_١} = \frac{\Delta ع}{\Delta ن} = \frac{د ع}{د ن} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (٤)$$

وعلى ذلك تكون عجلة الجسم فى لحظة ما هى المعامل التفاضلى الأول لدالة السرعة بالنسبة للزمن أو المعامل التفاضلى الثانى لدالة المسافة بالنسبة للزمن وذلك فى اللحظة المعينة .

وللعجلة تعبير آخر تدخل فيه المسافة وتفيد فى حالة إعطاء العجلة كدالة فى المسافة .

$$\text{حـ} = \frac{\text{د ع}}{\text{د ن}} = \frac{\text{د ع}}{\text{د ف}} \times \frac{\text{د ف}}{\text{د ن}} = \text{ع} \times \frac{\text{د ع}}{\text{د ف}}$$

$$\text{،} \quad \because \quad \text{ع} = \frac{\text{د ف}}{\text{د ن}}$$

$$\therefore \quad \text{حـ} = \frac{\text{د ع}}{\text{د ن}} = \frac{\frac{\text{د ف}}{\text{د ن}}}{\text{د ن}} = \frac{\text{د ف}}{\text{د ن}^{٢}} \quad \text{..........} \quad (٥)$$

وكما سبق القول أن العجلة قيمة موجهة أى لها مقدار واتجاه ومن ثم يمكن تمثيلها بيانيا، ويستفاد فى الحركة التى تسير بعجلة تزايدية أو تناقصية فى مسار منحنى من تحليل العجلة المؤثرة إلى مركبتين هما العجلة المماسية والعجلة العمودية أو النصف قطرية وسوف نتناولها بالشرح فى الفصل الخاص بكينماتيكا الحركة الدائرية .

٦ـ حركة المقذوف Projectiles Motion

على الرغم من أن التشابه لايبدو واضحا بين العديد من المهارات الرياضية مثل حركة لاعب الاكروبات على الترمبولين وحركة دفع الجلة وحركة لاعب الجولف إلا أن جميع هذه الحركات الرياضية وحركات أخرى كثيرة، تعتبر جميعها مقذوفة، حيث يتوقف نجاح اللاعب فى أداء هذه الحركات على مدى نجاحه فى قذف جسمه أو قذف الجلة أو قذف كرة الجولف، فلاعب التربولين يهتم أساسا بالزمن الذى يستمر فيه جسمه فى الهواء كمقذوف لأنه يدرك أنه كلما طال هذا الزمن كلما سهل عليه إنجاز الواجب الحركى المنوط إليه فى هذا الزمن .

أما قاذف الجلة فإنه لايهتم كثيرا بطول زمن طيران الجلة فى الهواء، ولكنه يهتم أساسا بالمسافة الأفقية التى ستقطعها الجلة حتى تصل إلى الأرض ، بينما تختلف

اهتمامات لاعب الجولف عن اللاعبين السابقين حيث أنه يهتم كثيرا بمسار كرة الجولف، فهو عندما يريد أن يضرب الكرة بغرض مرورها فوق حاجز مثل بعض الأشجار فإنه يهتم بالدرجة الأولى بالمسار فوق هذه الأشجار .

مما سبق نجد أنه بالرغم من أن الثلاثة حركات تعتبر حركات مقذوفية إلا أن اهتمامات اللاعبين فيها تختلف وفقا لهدف الحركة، وعلى ذلك يمكن استنباط أن هناك ثلاثة عوامل تهتم بها فى حركة المقذوف هى :

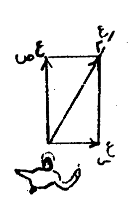
١ـ زمن الطيران .

٢ـ الإزاحة أو المسافة الأفقية .

٣ـ شكل المسار .

١ ـ زمن الطيران :

لحساب زمن المقذوف ـ سواء كان جسم الإنسان أو أداة تصور كرة القدم فى وضع ثابت على أرض الملعب، فإذا ضربت الكرة من حارس المرمى مثلا بفرض قذفها فى مسار منحنى، ودرسنا سرعتها عند الانطلاق سوف نجد أن السرعة المحصلة للكرة يمكن تمثيلها مقدارا واتجاها بالسهم (ع م) المبين فى الشكل (١٦) .



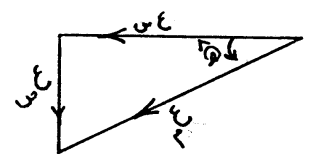
شكل (١٦) السرعة المحصلة ع م لقذف كرة القدم ومركبتيها الأفقية (ع س)، الرأسية (ع ص)

فإذا حللنا هذه السرعة إلى مركبتيها الأفقية (ع س)، الرأسية (ع ص) فإن تأثير كل منهما يمكن دراسته على حده .

المركبة الأفقية ($ع_س$)

سوف تؤثر المركبة ($ع_س$) فى اتجاه أفقى موازى لسطح الأرض، ولا يتأثر بها زمن الطيران وارتفاع المقذف، بينما تتأثر بها المسافة الأفقية.

أما بالنسبة للمركبة ($ع_ص$) فيلزم دراسة علاقتها بالسرعة المحصلة عن طريق تمثيل السرعة المحصلة ($ع_م$) ومركبتيها بمثلث قوى وترة ($ع_م$) بينما ضلعه الرأسى يمثل ($ع_ص$)، وضلعه الأفقى يمثل ($ع_س$) شكل (١٧).



شكل (١٧) مثلث السرعات

ومن الشكل (١٧) يمكن استخلاص العلاقات التالية :

$$ع_م = \sqrt{ع^2_ص + ع^2_س} \quad \dots\dots\dots\dots (٦)$$

$$ع_ص = ع_م \times جا\,\hat{هـ} \quad \dots\dots\dots\dots (٧)$$

$$ع_س = ع_م \times جتا\,\hat{هـ} \quad \dots\dots\dots\dots (٨)$$

ويمكن حساب الزمن الذى تستغرقه الكرة حتى تصل إلى أقصى ارتفاع باستخدام المعادلة التالية :

$$ن_{لأعلى} = \frac{ع_م \times جا\,\hat{هـ}}{د} \quad \dots\dots\dots\dots (٩)$$

حيث $ن_{لأعلى}$ = زمن طيران الكرة من لحظة ترك الأرض حتى تصل لأقصى ارتفاع.

$ع_م \times جا\,\hat{هـ}$ = السرعة الابتدائية الرأسية

د = عجلة الجاذبية الأرضية

ولمعرفة زمن الطيران الكلى يلزم معرفة الزمن الذى تستغرقه الكرة للوصول إلى الأرض من لحظة وصولها إلى أقصى ارتفاع وصلت اليه . فإذا كانت نقطة الهبوط فى نفس مستوى نقطة الانطلاق فإن زمن الصعود سوف يعادل زمن الهبوط ويصبح الزمن الكلى (ن) كما يلى :

$$\text{ن} = \text{ن}_{\text{لأعلى}} + \text{ن}_{\text{لأسفل}} = ٢\,\text{ن}_{\text{لأعلى}}$$

وحيث أن :

$$\therefore\ \text{ن}_{\text{لأعلى}} = \frac{\text{ع}_{\text{م}} \times \text{جا}\,\hat{\text{هـ}}}{\text{د}} + \frac{\text{ع}_{\text{م}} \times \text{جا}\,\hat{\text{هـ}}}{\text{د}} = \frac{٢\text{ع}_{\text{م}} \times \text{جا}\,\hat{\text{هـ}}}{\text{د}} \quad \ldots (١٠)$$

ولكن فى الحركات الرياضية لا تقابلنا مثل هذه الحالة فقط حيث تكون نقطة الانطلاق هى نفس نقطة الهبوط ، ففى حركة قذف الجلة مثلا أو أداء الدورة الهوائية الأمامية المنحنية من الوقوف على اليدين كنهاية للنزول على الأرض من فوق جهاز المتوازيين ، نجد أن نقطة الانطلاق أعلى من نقطة الهبوط ، ولذلك فإن المعادلة السابقة لاتصلح لإيجاد زمن الطيران حيث يكون زمن الطيران أطول فى هذه الحالة من السابقة ، ولحساب هذا الزمن تستخدم المعادلة التالية :

$$\text{ن} = \frac{\text{ع}_{\text{م}} \times \text{جا}\,\hat{\text{هـ}} + \sqrt{(\text{ع}_{\text{م}} \times \text{جا}\,\hat{\text{هـ}})^{٢} + ٢\,\text{د}\,\text{ل}}}{\text{د}} \quad \ldots\ldots\ldots (١١)$$

حيث $\text{ع}_{\text{م}}$ ، $\hat{\text{هـ}}$ ، د لها نفس المدلولات السابقة .

أما ل = الفرق بين مستوى الانطلاق ومستوى الهبوط .

ويتضح من المعادلة رقم (١١) أن زمن الطيران يمكن زيادته عن طريق زيادة سرعة البداية الرأسية أو عن طريق زيادة الارتفاع بين مستوى الانطلاق ومستوى الهبوط ، أو الاثنين معا .

وعلى ذلك فإن لاعب الترامبولين الذى يواجه مشكلة زيادة زمن الطيران عن طريق زيادة سرعة الدفع الرأسية ، فإن لاعب الغطس فى الماء يواجه نفس المشكلة عن طريق أما زيادة سرعة الدفع الرأسية أو زيادة الفرق بين مستوى الانطلاق ومستوى الهبوط أو الاثنين معا .

٢ ـ الإزاحة أو المسافة الأفقية :

فى المثال السابق لضرب الكرة من الثبات شكل (١٧) نجد أن هذه الحركة هى فى الواقع حركة مقذوف يكون فيها مستوى الانطلاق هو نفس مستوى الهبوط (مستوى سطح الارض)، ولكن إذا ما نظرنا إلى سرعة حركة الكرة لحظة انطلاقها فسنجد أن هناك سرعة محصلة لها اتجاه معين يميل على سطح الأرض بزاوية معينة، وهذه السرعة المحصلة يمكن تحليلها كما سبق القول إلى مركبتيها الرأسية والأفقية. وبدراسة السرعة الرأسية نجدها تبلغ أقصى مقدار لها لحظة انطلاق الكرة وتتضاءل بالتدريج حتى تصل إلى الصفر عندما تصل الكرة لأقصى ارتفاع لها ثم تأخذ مقدارا سالبا يزداد مقداره بالتدريج مرة أخرى حتى تصل إلى أقصى قيمة لحظة وصول الكرة إلى سطح الأرض.

ويرجع هذا التغيير فى السرعة سواء من ناحية مقاديرها أو فى اتجاهاتها إلى تأثير الجاذبية الأرضية التى يخضع لها جميع الأجسام، ولكن يجب الإشارة إلى أن حركة الجسم الأفقية لا تتأثر إطلاقا بالجاذبية الأرضية. فإذا ما أهملنا مقاومة الهواء، فإنه لايوجد ما يؤثر على معدل تحرك الكرة أفقيا.

وبمعنى آخر فإن الكرة سوف تتحرك بسرعة أفقية ثابتة هى (ع م جتا هـ^).

وبما أن المسافة التى يقطعها أى جسم فى اتجاه ما هى حاصل ضرب السرعة المتوسطة لحركة الجسم فى هذا الاتجاه × الزمن، فإننا فى حالة كرة القدم يمكن حساب هذه المسافة كما يلى:

$$ف_{س} = ع_{م} \text{ جتا } \hat{هـ} \times \frac{٢ ع_{م} \text{ جا } \hat{هـ}}{ن} = ع_{م} \times ن \quad \ldots\ldots\ldots (١٢)$$

حيث $ف_{س}$ = المسافة الأفقية

$$\frac{٢ ع_{م} \text{ جا } \hat{هـ}}{ن} = \text{زمن الطيران}$$

ويمكن أن تصبح المعادلة كما يلى:

$$\frac{ع^{٢}_{م} \ ٢ \text{ جا } \hat{هـ} \text{ جتا } \hat{هـ}}{د}$$

ف الأفقية =

$$\text{٢ جا } \hat{\text{هـ}} \text{ جتا } \hat{\text{هـ}} = \text{جا ٢ } \hat{\text{هـ}}$$

$$\therefore \quad \text{ف}_{\text{س}} = \frac{\text{ع}^{٢}_{\text{م}} \text{ جا ٢ } \hat{\text{هـ}}}{\text{د}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (١٣)$$

وبما أن (د) وهى عجلة الجاذبية الأرضية تساوى مقدارا ثابتا فإنه يتضح من المعادل السابقة أن المسافة الأفقية تعتمد على كل من ($\text{ع}_{\text{م}}$) وهى السرعة المحصلة للانطلاق، ($\hat{\text{هـ}}$) وهى زاوية أفقية اتجاه السرعة.

أى أن المسافة الأفقية تعتمد على مقدار واتجاه سرعة الانطلاق.

يتضح مما سبق أن زيادة مقدار سرعة انطلاق الجسم يعتبر عاملا هاما وأساسيا فى زيادة مسافة الإزاحة الأفقية له، وذلك بالإضافة إلى زيادة مقدار (جا ٢ $\hat{\text{هـ}}$) وهو الجزء الآخر من المعادلة (١٣).

بالنظر الى جداول (جا $\hat{\text{هـ}}$) نجد أن مقاديرها تتراوح ما بين صفر ـ عندما يكون مقدار الزاوية = صفر – وواحد صحيح عندما تكون مقدار الزاوية = ٩٠ درجة.

يتضح من ذلك أن أكبر قيمة للمقدار جا ٢ $\hat{\text{هـ}}$ سوف تتحقق فقط عندما تكـون $\hat{\text{هـ}}$ = ٤٥ درجة حيث يكون جا ٢ $\hat{\text{هـ}}$ = جا ٩٠° = ١

إذن إذا تساوت كل الظروف الأخرى، فإن أنسب زاوية لانطلاق أى جسم حتى ينتقل إلى أكبر مسافة أفقية ممكنة ـ فى حالة ما إذا كان مستوى الانطلاق هو نفس مستوى الهبوط ـ هى زاوية ٤٥ درجة.

أما بالنسبة للحالات التى يكون فيها مستوى الانطلاق أعلى من مستوى الهبوط، فإنه يمكن حساب المسافة الأفقية التى ينتقلها الجسم من المعادلة التالية:

$$\text{ف}_{\text{س}} = \text{ع}_{\text{م}} \text{ جتا } \hat{\text{هـ}} \times \frac{\text{ع}_{\text{م}} \times \text{جا } \hat{\text{هـ}} + \sqrt{(\text{ع}_{\text{م}} \times \text{جا } \hat{\text{هـ}})^{٢} + \text{٢ د ل}}}{\text{د}}$$

ويمكن اختصار المعادلة السابقة الى :

$$\text{ف}_{\text{س}} = \frac{\text{ع}_{\text{م}}^{٢} \text{ جا } \hat{\text{هـ}} \,.\, \text{جتا } \hat{\text{هـ}} + \text{ع}_{\text{م}} \text{ جتا } \hat{\text{هـ}} \, (\text{ع}_{\text{م}} \text{ جتا } \hat{\text{هـ}} \, (\text{ع}_{\text{م}} \text{ جا } \hat{\text{هـ}})^{٢} + \text{٢ دل}}{\text{د}} \quad \ldots \quad (١٤)$$

ولايمكن تحديد الزاوية المثلى للانطلاق فى حالة اختلاف مستوى الانطلاق عن الهبوط كما هو الحال عند ثبات المستويين، وذلك لأن الزاوية المثلى فى هذه الحالة تتوقف على مقدار كل من السرعة والفارق بين المستويين.

وقد وجد أن هذه الزاوية المثلى تتغير مع قيمة كل من هذين العاملين السابقين وهذا وفقا للمبادىء التالية:

١ـ إن الزاوية المثلى للانطلاق هى دائما أقل من ٤٥ درجة.

٢ـ فى حالة ثبات الفارق بين مستوى الانطلاق والهبوط، فإنه كلما ازدادت سرعة الانطلاق، كما كانت زاوية الانطلاق أقرب إلى ٤٥ درجة.

٣ـ فى حالة ثبات سرعة الانطلاق، كلما ازداد الفارق بين مستوى الانطلاق والهبوط، كما صغرت قيمة الزاوية المثلى للانطلاق.

الفصل الرابع

كينماتيكا الحركة الدائرية

الفصل الرابع

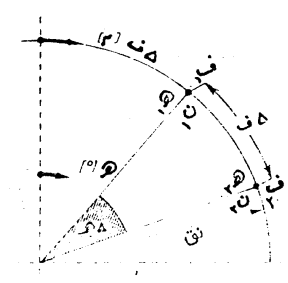
كينماتيكا الحركة الدائرية
ANGULAR KINMATICS

١ـ السرعة المحيطية والسرعة الزاوية :

يفرق الفرد بين نوعان من السرعة فى الحركات الدائرية وهما السرعة المحيطية ويرمز لها بالرمز (ع) والسرعة الزاوية ويرمز لها بالرمز (ى). وتعتبر السرعة المحيطية مطابقة للسرعة فى خط مستقيم والتى سبق شرحها.

السرعة المحيطية (ع) :

وتعرف السرعة المحيطية بأنها العلاقة بين زيادة المسافة (تغير المسافة) Δ ف على محيط الدائرة وبين الزيادة التى تقابلها فى الزمن Δ ن، وعلى ذلك يمكن حساب السرعة المحيطية المتوسطة شكل (١٨).



شكل (١٨) السرعة المحيطية والسرعة الزاوية

ويجب وضع العلاقة الخاصة بالسرعة المحيطية المتوسطة فى صورة المعادلة رقم (١) وهى :

$$\text{ع المتوسطة} = \frac{\text{ف}_{٢} - \text{ف}_{١}}{\text{ن}_{٢} - \text{ن}_{١}} = \frac{\Delta\ \text{ف}}{\Delta\ \text{ن}} \quad \text{متر / ثانية}$$

فى حين تكون العلاقة الخاصة بالسرعة المحيطية اللحظية فى صورة المعادلة رقم (٢) وهى:

$$ع_{اللحظية} = \lim_{ن \to صفر} \frac{ف_٢ - ف_١}{ن_٢ - ن_١} = \frac{\Delta ف}{\Delta ن} = \frac{د ف}{د ن}$$

السرعة الزاوية (ى) ***Angular Velocity***

تعرف السرعة الزاوية (ى) على أنها الزيادة (التغير) فى الزاوية ($\Delta \hat{هـ}$) وعلاقتها بزيادة الزمن (تغير الزمن) ويعبر عنها بالمعادلة التالية:

$$ى = \frac{\hat{هـ}_٢ - \hat{هـ}_١}{ن_٢ - ن_١} = \frac{\Delta \hat{هـ}}{\Delta ن} \quad \text{درجة / ثانية} \quad .... (١٥)$$

وينطبق نفس الشيء على السرعة الزاوية اللحظية مثلها فى ذلك مثل السرعة المحيطية، وسرعة المسار، وهذا معناه أن القيمة الحدية يجب أن تكون بشكل لا تصل للصفر، مع تناسب ذلك والزيادة فى الزمن.

$$ى = \lim_{ن \to صفر} \frac{\Delta \hat{هـ}}{\Delta ن} = \frac{د \hat{هـ}}{د ن} \quad ...... (١٦)$$

وعلى ذلك تختلف وحدة القياس لكل من السرعة المحيطية والسرعة الزاوية مع ملاحظة أن استخدام وحدة القياس الخاصة بالسرعة الزاوية ـ ويرمز لها بالرمز (درجة/ الثانية) - أمر غير ممكن حتى الآن وذلك لأنه لا يتلاءم مع النظام القياسى الفرنسى م. كجم. ث (نظام القياس بالمتر، الكيلو جرام، والثانية).

لذلك فإن الزاوية فى الميكانيكا لاتكون مثل الزاوية فى الحياة العامة من حيث حسابها بالدرجة، وإنما يكون حسابها بقياس القوس، وتكون صورة قياس القوس على شكل المعادلة التالية:

$$\text{الزاوية} = \frac{\text{قوس الدائرة}}{\text{نصف القطر}} \quad \text{محسوبة} \left(\frac{\text{متر}}{\text{متر}} = \frac{١}{١} \right)$$

ويلاحظ أن العلاقة بين قوس الدائرة ونصف القطر ليس لها أبعاد، حيث تمثل علاقة بين طولين، وعلى ذلك فإن وحدة القياس الخاصة بالسرعة الزاوية هى (درجة/ ثانية).

وحسب القياس القطرى فإن زاوية الدائرة الكاملة لها القيمة التالية:

$$٣٦٠° = \frac{٢\ ط\ نق}{نق} = ٢\ ط$$

ويمكن أن تنسب جميع الزوايا إلى ط فمثلا

$$٣٦٠° = ٢\ ط$$

$$٢٧٠ = ٣/٢\ ط$$

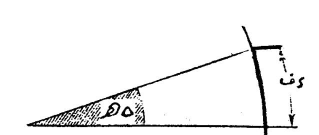
$$١٨٠ = ط$$

$$٩٠ = \frac{ط}{٢}$$

$$٤٥ = \frac{ط}{٤}$$

وتوجد علاقة بين السرعة المحيطية والسرعة الزاوية، ويمكن إيجاد هذه العلاقة عند اعتماد الفرد على قياس الزاوية بالتقدير الدائرى كأساس للحساب ثم استخدام حساب الفروق بعد ذلك كما فى شكل (١٩).

$$د\ \hat{هـ} = \frac{د\ ف}{نق}$$



شكل (١٩) العلاقة بين حساب فرق الزاوية والقوس

وبناء على ذلك يمكننا صياغة المعادلة الخاصة بالسرعة الزاوية كما يلى:

$$ى = \frac{د\ \hat{هـ}}{د\ ن} = \frac{\frac{د\ ف}{نق}}{د\ ن} = \frac{ع}{نق} \quad ....\ (١٧)$$

أى أن السرعة الزاوية = $\frac{\text{السرعة المحيطية}}{\text{نصف القطر}}$

∴ السرعة المحيطية = السرعة الزاوية × نصف القطر

↓ ↓ ↓

ع = ى × نق ..... (١٧-أ)

وتشير هذه المعادلة إلى أنه عند ثبات السرعة الزاوية، تزداد السرعة المحيطية مع زيادة نصف القطر، ويلاحظ ذلك بوضوح فى الحركات الدورانية الرياضية ففى حركة الدائرة العظمى على جهاز العقلة يكون للقدمين ضعف مقدار السرعة المحيطية بالمقارنة للحوض تقريبا.. وذلك لأن نصف القطر الخاص بمدار دائرة القدمين ضعف مقداره تقريبا بالنسبة للحوض.

٢ـ العجلة المماسية والعجلة القطرية

Tangential Acceleration And Radial Acceleration

تدل الكمية الموجهة للعجلة المماسية على اتجاه مسار المماس حيث يحدث التزايد فى السرعة بالنسبة لجسم فى اتجاه حركته اللحظية عن طريق العجلة المماسية أو عجلة المسار، ويرجع تغير عجلة المماس إلى تغير مقدار السرعة فقط، دون تغير اتجاه الحركة.

ويمكن باستخدام الرياضيات إيجاد المعادلة المعروفة والمشار إليها من قبل وهى معادلة العجلة رقم (٤).

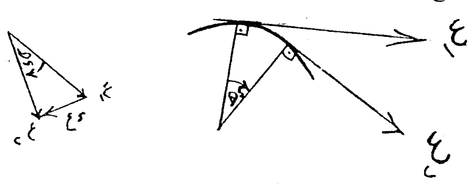
العجلة القطرية (العمودية) : Radial Acceleration

تكون العجلة القطرية عمودية على المسار أى عمودية بالنسبة للكمية الموجهة للعجلة المماسية ـ ويعرف الاتجاه القطرى بالمسار العمودى الذى نلاحظ معه استخدام تعبير العجلة الاعتيادية أيضا وتتسبب العجلة القطرية أو العمودية فى تغيير اتجاه السرعة الذى يترتب عليه تغيير اتجاه المسار. ولا يحدث هذا النوع من أنواع العجلة إلا فى الحركة الدائرية، وعند وجود سرعة محيطية ثابتة. ويلاحظ أن السرعة محيطية

تظل دائمة الثبات من حيث مقدارها، ودائمة التغير من حيث سرعتها واتجاهها، وذلك تبعا للعجلة القطرية التى ينتج عنها حدوث الحركة الدائرية.

وعندما تتضاءل العجلة القطرية فجأة بالنسبة للحركة الدائرية لجسم ما، فإننا نجد أن الجسم يتحرك مواصلا مساره، ولكن فى اتجاه مستقيم. وهكذا تحدث حركة طيران المطرقة مثلا حيث تتحرك عن طريق القوة العضلية التى تأخذ معها المطرقة مسارا دائريا قبل لحظة حركتها بالعجلة المماسية بحيث تصبح القوة العضلية فى هذه اللحظة تساوى صفرا. ويمكن للفرد ملاحظة أنه عند مشاهدته لمتسابقى الدراجات فى جو ممطر أن أجزاء الطين تنفصل عن إطارى الدراجة فى مسار مماس، وهذا ما يحدث أيضا عن تجليخ الصلب حيث تتناثر أجزاؤه المتوهجة فى مسارات مماسية منطلقة من قرص التجليخ.

وللحصول على معادلة العجلة القطرية علينا قبل ذلك إيجاد الكميات المتجهة للسرعة بالطريقة الموضحة فى شكل (١٩)، وفيه يقطع الجسم مسارا دائريا بسرعة محيطية ثابتة وتكون هذه المسافة المقطوعة صغيرة جدا وقريبة للصفر (المسافة البينية). ويحدث فى هذه الحالة تغيير فى اتجاه السرعة بقدر فارق الزاوية (د هـ̂) وحتى إذا ما ظل مقدار السرعتين $ع_{١}$ ، $ع_{٢}$ متساويين فإنه يجب حدوث فارق فى السرعة قدره ع، وهو ناتج عن تغيير الزاوية، وبذلك فإن حاصل جمع قيمتى الكميتين الموجهتين ($ع_{١}$)، دع، هو $ع_{٢}$.



شكل (٢٠) تغيير اتجاه السرعة عن طريق العجلة القطرية

وبتطبيق تعريف العجلة العام على العجلة القطرية أيضا:

$$ج_{نق} = \frac{د\,ع}{د\,ن} \quad \text{.............. (أ)}$$

ولكن حسب تعريف الزاوية بقوسها. فإن $\text{د}\hat{\text{هـ}} = \frac{\text{د ع}}{\text{د ن}}$

$\therefore\ \text{د ع} = \text{د}\hat{\text{هـ}} \,.\, \text{ع}$

وبالتعويض عن قيمة (د ع) فى العلاقة (أ) ينتج أن:

$$\text{جـ}_{\text{نق}} = \frac{\text{د}\hat{\text{هـ}} \,.\, \text{ع}}{\text{د ن}}$$

ونظرا إلى أن السرعة الزاوية ـ يرمز لها بالرمز (ى) ـ تساوى:

$$\text{ى} = \frac{\text{د}\hat{\text{هـ}}}{\text{د ن}}$$

فإنه يمكن كتابة المعادلة الخاصة بالرمز ($\hat{\text{هـ}}$) على النحو التالى:

$$\text{جـ}_{\text{نق}} = \text{ع} \times \text{ى} \quad \left(\frac{\text{م}}{\text{ث}} \,.\, \frac{1}{\text{ث}} = \frac{\text{م}}{\text{ث}^2} \right) \ldots\ldots\ldots\ldots \tag{١٨}$$

ولكن $\text{ى} = \frac{\text{ع}}{\text{نق}}$

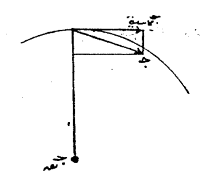
بالتعويض عن ى بقيمها ($\frac{\text{ع}}{\text{نق}}$) فى المعادلة (١٨)

$$\therefore\ \text{جـ}_{\text{نق}} = \text{ع} \times \frac{\text{ع}}{\text{نق}} = \frac{\text{ع}^2}{\text{نق}} \quad \left(\frac{\text{م}}{\text{ث}^2} \right) \ldots\ldots\ldots \tag{١٨أ}$$

أو بالتعويض عن ع بقيمتيها (ى . نق) فى المعادلة (٦)

$$\therefore\ \text{جـ}_{\text{نق}} = \text{ى} \times \text{نق} \times \text{ى} = \text{ى}^2 \times \text{نق} \ldots \left(\frac{\text{م}}{\text{ث}^2} \right) \ldots\ldots\ldots \tag{١٨ب}$$

وتجمع مركبتى العجلة ($\text{جـ}_{\text{المماسية}}$)، ($\text{جـ}_{\text{نق}}$) تحصل على الخط البيانى الممثل للمحصلة (جـ) مقدارا واتجاها كما فى شكل (٢١).



شكل (٢١) محصلة العجلة

فإذا كان اتجاه الحركة فى اتجاه المماس فإنها تكون حركة مستقيمة وتكون جـ نق = صفر

أما إذا انحرفت الحركة عن اتجاه المماس فان جـ نق يكون لها مقدارا معينا بحسب مقدار الانحراف وفى حالة اتجاه العجلة إلى الخلف فى عكس اتجاه الحركة كما فى حالة الإيقاف فتكون العجلة تقصيرية.

ولقد ثبت من تجارب التصوير السينمائى أنه من غير الملائم العمل على أساس استخدام عجلتى المماس والقطر، وتتمثل الصعوبة فى هذا المجال فى أن الاتجاهين حـ المماس، جـ نق يتغيران بصفة دائمة عندما يكون المسار منحنيا، وبذلك لايمكن التوصل إلى معرفة عجلتى المماس والقطر إلا فى حالات الحركات الدائرية الخالصة، وذلك لأن فى هذه الحالات فقط يكون من الممكن معرفة اتجاهات المماس والقطر بشكل مستمر لثبات محور الدوران ومسار الدائرة.

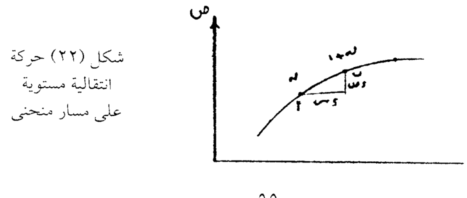
ويستخدم بصفة عامة ـ وفى تجارب الميكانيكا الحيوية بصفة خاصة ـ الإحداثيات المتعامدة لبيان المركبات، ويعنى ذلك تقسيم الحركات المسطحة على المسارات المنحنية إلى مجموعتين من الحركات المستقيمة ـ بعضها فوق بعض ـ أحدهما أفقية (س) والأخرى رأسية (ص)، وهكذا فإن الحركات الفراغية تنقسم وفقا لذلك إلى ثلاث حركات مستقيمة بعضها فوق بعض ويرمز لها بالرموز س، ص، م.

ولتحليل الحركة الانتقالية (المستقيمة) على مسار منحنى تتبع الخطوات التالية:

الخطوة الأولى:

لحركة الجسم فى مستوى درجتان من الحرية هما الإحداثيان اللازمان لتحديد موضعه كالإحداث الأفقى (س) والإحداثى الرأس (ص).

لذلك يجب رسم هذين الاحداثيين بحيث يكون الاحداثى الأفقى (س) موازى لسطح الأرض، بينما الاحداثى الرأسى (ص) فى اتجاه الجاذبية الأرضية وعمودى على سطح الأرض كما فى شكل (٢٢).



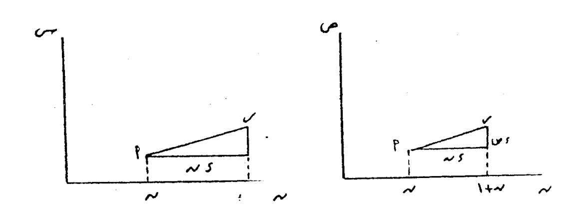
شكل (٢٢) حركة انتقالية مستوية على مسار منحنى

الخطوة الثانية :

تقسم الحركة الانتقالية المستوية على المسار المنحنى إلى حركتين مستقيمتين، أى إلى حركة فى كل من (س)، (ص) شكل (٢٣) وبذلك يمكن الحصول على حركتى السرعة من الشكل الذى يمثل (دس)(دص) كاشتقاق أول للزمن عندما تقترب (ن) من∆الصفر وفى هذه الحالة يقترب الوتر (أر) من المماس عند (١) وتقدر حسابيا على النحو التالى :

$$\text{ع}_{\text{س}} = \frac{\text{دس}}{\text{دن}} = \dot{\text{ش}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (١٩)$$

$$\text{ع}_{\text{ص}} = \frac{\text{دص}}{\text{د ن}} = \dot{\text{ض}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (١٩أ)$$



شكل (٢٣) تقسيم الحركة الانتقالية المستوية على مسار منحنى إلى مركبتين مستقيمتين أحدهما فى الاتجاه (س) والآخر فى الاتجاه (ص)

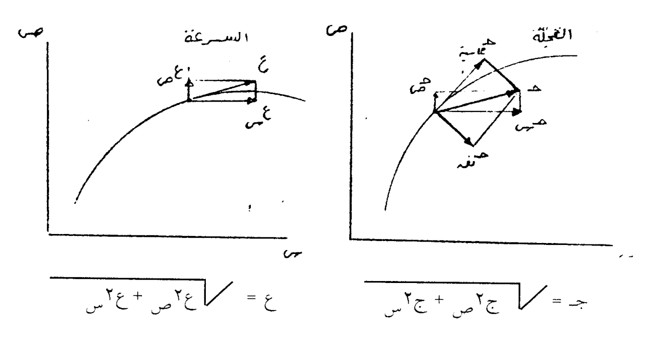
ومن مدلولات السرعة والزمن يمكن حساب حركتى العجلة على أساس أنهما المعامل التفاضلى الثانى وفقا للزمن وعندئذ تستخدم المعادلتان الرياضيتان فى وجود الفروض النسبية الطبيعية :

$$\text{جـ}_{\text{س}} = \frac{\text{د ع}_{\text{س}}}{\text{د ن}} = \frac{\text{د س}^{٢}}{\text{ن}^{٢}} = \ddot{\text{ش}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٢٠)$$

$$\text{جـ}_{\text{ص}} = \frac{\text{د ع}_{\text{ص}}}{\text{د ن}} = \frac{\text{د ص}^{٢}}{\text{د ن}^{٢}} = \ddot{\text{ص}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٢١)$$

الخطوة الثالثة :

نعود مرة أخرى إلى المحورين المتعامدين السينى والصادى ومسار الحركة المستقيمة المنحنية التى هى محصلة حركتين فى خطين مستقيمين هما محورا الإحداثيات ثم تعالج كل من هاتين الحركتين علاجا مستقلا ثم تركب النتائج للحصول على محصلة كل من السرعة أو العجلة فى اللحظة موضع الدراسة ولتكن لحظة الوثب أو الهبوط أو أى لحظة خلال المسار الحركى كما فى شكل (٢٤).



شكل (٢٤) محصلة كل من السرعة والعجلة فى لحظة معينة

وحيث أن اتجاه مركبات السرعات والعجلات سيكون متعامد فى الاتجاهين الرأسى والأفقى، فإن إيجاد المحصلة لهما يمكن أن يتم رياضيا حسب نظرية فيثاغورث، وذلك لابد أن يكون القياس دقيقا حتى تكون النتيجة صحيحة وسليمة.

ويتضح فى الشكل (٢٤) أن العجلة المحصلة (جـ) محللة إلى حركتين آخرتين هما العجلة المماسية ($حـ_{مماسية}$)، العجلة القطرية ($حـ_{نق}$).

١ـ العجلة الزاوية :

تعرف المجلة الزاوية فى الحركة الدائرية بأنها معدل التغير فى سرعة الزاوية بالنسبة للزمن، وعلى ذلك فإن :

العجلة الزاوية المتوسطة = $\frac{ى_٢ - ى_١}{ن_٢ - ن_١} = \frac{\Delta\ د ى}{\Delta\ د ن}$ .... (٢٢)

أما العجلة الزاوية اللحظية = $\lim_{ن \to صفر} \frac{ى_٢ - ى_١}{ن_٢ - ن_١} = \frac{\Delta ى}{\Delta ن} = \frac{د ى}{د ن}$

∵ السرعة الزاوية = $\frac{د \hat{هـ}}{د ن}$

∴ العجلة الزاوية (ز) = $\frac{د ى}{د ن} = \frac{\frac{د \hat{هـ}}{د ن}}{د ن} = \frac{د \hat{هـ}}{د ن^٢}$ .... (٢٣)

ومن المعروف أن كل من السرعة الزاوية وعجلتها مقادير موجهة وعلى عكس ماهو معلوم لنا حتى الآن من كميات موجهة قطبية أو إزاحية الخاصتين بالحركة الانتقالية، فإن ما تقصده هو الكميات الموجهة المحورية التى تحدد لنا مفهوم الدوران.

ويمكن للمرء أن يوجد السرعة الزاوية حسب المعادلة السابقة وكذلك العجلة الزاوية. ولاشك أن معرفة مقادير واتجاه السرعة والعجلة الزاوية ـ فى لحظة انتهاء الدفع لحركة الوثب وعمل دورة هوائية مثلا ـ ذات قيمة كبيرة بالنسبة لحركة دوران الجسم فى مرحلة الطيران.

الفصل الخامس

كيناتيكا الحركة الانتقالية

١ ـ القوة ومواصفاتها التامة .

٢ ـ الدفع وكمية الحركة .

٣ ـ الشغل .

٤ ـ الطاقة .

٥ ـ القدرة .



الفصل الخامس

كيناتيكا الحركة الانتقالية
LINEAR KINETICS

١ـ القوة ومواصفاتها :

ينص القانون الثانى لنيوتين على أن «معدل التغير فى السرعة أى العجلة لأى جسم مادى يتناسب تناسبا طرديا مع محصلة القوة المؤثرة عليه وهذا التغير يحدث فى اتجاه تأثير القوة».

ولا يوضح هذا القانون فقط اتجاه العجلة وفقا لتلك القوة المؤثرة بل أيضا يعبر عن التناسب بين قيمة الكميات الموثرة والقصور الذاتى للجسم مستقلا عن الحركة وهذا الاستقلال الذاتى للجسم لايحدث إلا عند السرعات العالية مثل سرعة الضوء.

ولقياس القصور الذاتى للجسم يمكن توضيحه هنا على أنه ثابت التناسب بين القوة المؤثرة ويرمز لها بالرمز (ق) على الجسم والعجلة (جـ) وعليه يمكن كتابة المعادلة كما يلى :

ق = ك × جـ .... (٢٤)

حيث ق = القوة، ك = الكتلة، جـ = العجلة.

نظام وحدات القياس :

لعمل الحسابات فى المعادلة (٢٤) فإننا فى حاجة إلى معرفة نظام الوحدات التى يمكن بها قياس المعاملات فى المعادلة (القوة ـ الكتلة ـ العجلة).

والوحدات المستعملة بصفة عامة هى وحدات الطول ـ الكتلة ـ الزمن. وفى النظام الإنجليزى نظام (قدم ـ رطل ـ ثانية).

القدم : يمثل وحدة الطول.

الرطل : يمثل وحدة الكتلة.

الثانية : يمثل وحدة الزمن.

وهذه الوحدات سوف نستعملها دائما فى هذا المرجع.

وبالإشارة إلى المعادلة (٢٤) فإن وحدة القوة القادرة على إعطاء وحدة عجلة لوحدة كتلة.

وبنظام (القدم ـ رطل ـ ثانية) ستكون القوة القادرة على تحريك جسم كتلته واحد رطل بعجلة مقدارها واحد قدم / ثانية^{٢}) وتعرف بإسم الباوندال Pounddal (أى وزن رطل).

وفى النظام الإنجليزى وحدة القوة هى الباوندال (وزن رطل) أما فى الوحدات الدولية تعرف باسم نيوتن، أى أن «نيوتن» وحدة القوة فى النظام الدولى وهى عبارة عن:

«القوة اللازمة لتحريك الجسم كتلة واحدة كجم بعجلة مقدارها واحد متر/ ثانية^{٢}».

أى أن الباوندال = $\frac{\text{واحد رطل} \times \text{واحد قدم}}{\text{ثانية}^{٢}}$ ، نيوتن = $\frac{\text{واحد كجم} \times \text{واحد متر}}{\text{ثانية}^{٢}}$

ولكن فى الحياة العملية لاتستخدم هذه الوحدات المطلقة لأنه يمكن تحديد كيفية حركة هذا الجسم بالمقارنة مع القوة المؤثرة على وزنه إذا كانت بالرطل أو بالكيلو جرام.

ولتقريب ذلك للأذهان دعنا نذكر حركة الجسم تحت تأثير وزنه فقط أى السقوط الحر، فإنه يكتسب عجلة تزايدية إلى أسفل $\frac{\text{٣٢ قدم}}{\text{ثانية}^{٢}}$ أو $\frac{\text{٩,٨١متر}}{\text{ثانية}^{٢}}$ وهى عجلة الجاذبية الأرضية وعليه فإن القوة (ق) وزن رطل هى التى تعطى الجسم عجلة (جـ) تتناسب مع وزن الجسم (و) ويمكن التعبير عن هذه العلاقة بالمعادلة التالية :

$$\frac{\text{ق}}{\text{و}} = \frac{\text{جـ}}{\text{جـ}_{\text{جاذبية}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٢٥)$$

أى أن قوة مقدارها (ق) تعطى الجسم عجلة مقدارها جـ، وزن الجسم فى السقوط الحر (و) يكسب الجسم عجلة مقدارها (جـ$_{\text{جاذبية}}$).

ولتحقيق هذا التناسب يجب أن تقاس كل من (ق)، (و) تحت نفس الظروف، وإذا كانت القوتان مقاستان بنفس الوحدات فإن النسبة بينهما تكون كالنسبة بين عجلتيهما المقاسة أيضا بنفس الوحدات.

مثال:

أثرت قوة قدرها ٤ وزن رطل على جسم وزنه ١٦ رطل، فاكسبته عجلة، أوجد مقدار هذه العجلة.

الحل:

$$\therefore \frac{ق}{و} = \frac{جـ}{جـ_{جاذبية}}$$

$$\therefore \frac{٤٠}{١٦} = \frac{جـ}{جـ_{جاذبية}}$$

$$\therefore جـ = \frac{٤٠ \times ٣٢}{١٦} = ٨٠ \text{ قدم / ث}^{٢}$$

ويلاحظ أننا لم نتعرض للكتلة فى المعادلة (٢٥) ولا فى المثال السابق المطبق فيه هذه المعادلة، إلا أننا سوف نحتاج إلى الكتلة فى الحالات التى سوف تقابلنا فيما بعد وعندئذ تطبق المعادلة (٢٤).

وباجتهادات متعددة أحياناً يمكننا تطبيق هذه المعادلة بقوة مقاسة إما بالوزن رطل أو بالوزن كجم بدلا من وزن رطل أو نيوتن والطريقة المثلى لتطبيق ذلك بدقة تكون وفق ما يلى:

واحد وزن رطل = ٣٢ باوندال.

واحد وزن كيلوجرام = ٩,٨ نيوتن.

وبناء على ذلك إذا عبرنا عن القوة إما بوزن الرطل أو بوزن الكيلو جرام فإن المعادلة (٢٤) يمكن صياغتها كما يلى:

٣٢ × ق = ك × حـ نظام انجليزى

٩,٨١ × ق = ك × حـ نظام دولى

ولهذا فائدة واحدة هى أننا أدخلنا الكتلة كرمز مستقل بدلا من نسبة واضعين فى الاعتبار دائما أن الأرقام ٣٢، ٩,٨١ ماهى إلا أرقام مطلقة وليس لها معنى فيزيائى

مطلقا، وماهى إلا معاملات تستخدم لتحويل القوة من وزن رطل إلى باوندال ومن وزن كيلو جرام إلى «نيوتن» عليه أصبح من الممكن استعمال المعادلة (٢٤) بطريقة علمية.

وهناك نقطتان يجب ملاحظتهما:

الأولى: الرقم الدال على الرطل أو الكيلو جرام فى كتلة الجسم هو نفس رقم وزن الرطل أو وزن الكيلو جرام المعبر عن وزنه.

الثانية: وزن الجسم هو الكتلة × عجلة الجاذبية الأرضية بالباوندال أو النيوتن.

ومما سبق يتضح أن القوة هى مقادير لها اتجاه، فهى كميات موجهة ولذلك فإنه يلزم لتحديد قوة ما تحديدا قاطعا دقيقا معرفة النقاط التالية:

١ ـ مقدار هذه القوة.

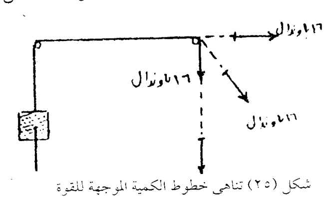
٢ ـ نقطة تأثير القوة.

٣ ـ اتجاه القوة.

وإذا ما تساوت قوتان موضوعتان على خط تأثير واحد وكانت إحداهما تضاد الأخرى، فإن هذا يؤدى إلى زوال تأثيرهما الديناميكى أى أن الجسم يكون فى حالة سكون ويعرف ذلك بالتأثير الاستاتيكى للقوة ويستمر هذا التأثير الاستاتيكى للقوة فى حالة استمرار تأثيرهما قائما ويمكن اثبات ذلك باستخدام الميزان الزنبركى.

وتعتمد إحدى خواص متجهات القوة على أنها واقعة على استقامة الخط، وهذا مؤداه، أن القوة يمكنها أن تمتد بطول خط تأثيرها. ولذلك فإن تأثيرها لايتغير ويظل هذا التأثير انتقاليا فى خط مستقيم حتى عند تغيير مسارها.

ومثال لذلك ما يحدث طوليا لحبل الشد الذى يمر فوق بكرة شكل (٢٥) أو ما يحدث طوليا لجسم الإنسان بالنسبة للعضلات الهيكلية فوق المفاصل.



شكل (٢٥) تناهى خطوط الكمية الموجهة للقوة

مركز الكتلة : *Center of Gravity*

سبق أن عرفنا خاصيتا تحديد المتجهة وهى القيمة والاتجاه ولقد درسنا ذلك فى متوازى أضلاع القوى ومضلع القوة فى الموضوع الأول من هذا المرجع .

وهذه الدراسة أخذت على اعتبار النقطة المادية ولكن فى حالة جسم متماسك فإن وزن الجسم يكون موزعا على حجمه وعليه فإننا سنعتبر أن وزن الجسم يؤثر فى نقطة واحدة يطلق عليها مركز ثقل الجسم، وهو النقطة التى يكون فيها خط تأثير عمل القوة (وزن الجسم) متمركزا فيها وهذه النقطة ليست فى مكان ما محدد فى الجسم ولكن تتغير نتيجة لوضع الجسم .

وعلى ذلك يجب علينا عند دراسة الأجسام المادية معرفة ماهو المقصود بالعجلة والسرعة ووضع الأجسام خاصة إذا كانت فى شكل غير منتظم وغير متماسك .

وهناك تصور آخر لوضع الأجسام المتماسكة ذات الحجم الكبير لتتلاءم مع قوانين الحركة المعمول بها للجسيمات أو النقاط المادية .

ويمكن أن يتم هذا التصور عن طريق استبدال الكتل الموزعة لأى جسم بجسم آخر مساو له فى الكتلة وهذه الكتلة أو الجسم يكون فى وضع يتلاءم مع مساحة الجسم الكلى وخاضعا لقوانين الحركة بغض النظر عن تأثير القوة على هذا الجسم المكافىء له .

هذا هو تصور مركز الكتلة ومن الضرورى إدراك خواصه الأساسية وهى خاصية الحركة تحت جميع الظروف وفقا لقوانين الحركة وهذه الخاصية التى تؤكد لنا الترابط التام فيما يتعلق بالحركة الخطية للتركيب المعقد لجسم الإنسان والتوزيع المختلف للكتلة .

وعليه مهما كان هناك من تعقيدات للحركة، فإن الجسم له خاصية معينة للحركة من البداية أو من تحركه من السكون ـ وسرعة مركز الكتلة يعتمد أساسا على شكل القوة وكذلك فإن عجلته عند ذلك لها قيمة واتجاه بواسطة القوة المحصلة المؤثرة على الجسم .

لذلك فإنه عند السقوط الحر للجسم يكون لمركز كتلته عجلة إلى أسفل مشتركة مع جميع النقط المادية المكونة للجسم .

حقيقة مركز الثقل ومركز الكتلة :

من السهل القول إن فى الأجسام المنتظمة ينطبق مركز الكتلة على مركز الثقل وعليه فإن جميع الأجسام فى حالة السقطات الحرة تكون عجلتها إلى اسفل، لذا فإن جميع جزئيات الجسم تتحرك تحت تأثير وزنها وتكون هناك حالة انعدام وزن بين جزئيات الجسم ولذلك لاتوجد أى قوة رأسية بين هذه الجزئيات بعضها البعض مما تنعدم أى فرصة للجسم للدوران أثناء حركته خلال سقوطه الحر من السكون، وذلك لأن وزنه لايملك أى عزم حول مركز كتلته المتحرك وفقا لقوانين الحركة، وبالتالى مركز الثقل مما يسبب الدوران ولذلك فإن النقطتين تنطبقان على بعضهما فى (م) وهذا إثبات على أن توزيع الأوزان هو نفسه توزيع الكتلة.

القوى الخطية المباشرة واللامركزية :

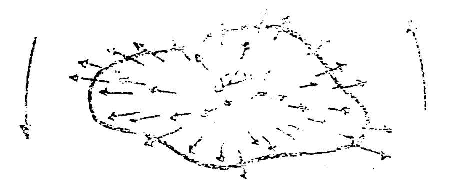
من المعروف أن وزن الجسم لايستطيع تحريك الجسم حركة دورانية لأن مركز ثقله يشترك مع مركز كتلته فى نفس النقطة (م)، والوزن (و) هو القوة الخطية المباشرة التى تحفظ الجسم فى حالة توازن عندما يعلق الجسم من النقطة (م) - مركز ثقله - بدون دوران بواسطة قوة أخرى مساوية ومضادة فى الاتجاه، والمهم هو أن القوة الخطية وكذلك مجموعة القوى التى تمر محصلتها فى النقطة (م) ليس لها تأثير دورانى حول النقطة (م) ولا تسبب أى تأثير دورانى على الجسم.

بعكس القوة اللامركزية التى تتميز عن القوى الخطية بأن خط تأثيرها لايمر بالنقطة (م) - مركز الثقل - مما يؤدى إلى حدوث تأثير دورانى لهذه القوة اللامركزية حول النقطة (م) بينما تكتسب النقطة (م) نفس العجلة كما لو كانت القوة خطية إلا أنها تعطى الجسم حركة دورانية حول مركز الثقل.

تطبيق عملى:

تحضر ورقة كرتون أو بطاقة منتظمة أو لوح خشب أبلاكاج وتقوم بتحديد مركز ثقلها عن طريق وضعها فى حالة اتزان على رأس دبوس بعناية حتى تحدد مركز الثقل الخاص بها، ويتم وضع بقعة حمراء دائرية على نقطة الاتزان ونحيطها ببقعة حمراء. ثم نطلق هذا الكارت ليدور حول نفسه فى الهواء بسرعة حول مستواه، حيث نرى أن البقعة الحمراء هى الوحيدة التى ترسم منحنى بينما الأخرى تتحرك فى دوائر حولها.

يوضح شكل (٢٦) الحالة الديناميكية لهذا الجسم حيث يبين فيه اتجاه الأسهم التغيير فى قيمة واتجاه قوة الطرد المركزى المتولدة فى الكارت الدائر حول نفسه نتيجة لبعض أجزاء عناصره المتمركزة حول النقطة (م) والقوى جميعها متجهة بعيدة عن (م) وجميعها تحاول تحريك النقطة (م) بعيدا عن مكانها فى مركز الدوران.

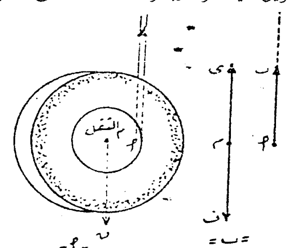


شكل (٢٦) الحالة الديناميكية لقوة الطرد المركزى

وتعتبر النقطة (م) هى النقطة الوحيدة التى ليس لها عجلة ذاتية (محلية) لذا فهى النقطة الوحيدة التى عندها تتلاشى جميع هذه القوى.

وهذه القوى الداخلية جميعها تصبح ذات تأثير أكبر للأجزاء البعيدة لهذا الكارت وليس لها تأثير على حركة الجسم ككل.

ولإيضاح عمل مركز الكتلة تحت تأثير قوى مركزية يمكن عمل تجربة باستخدام جسم (يويو) وهو الجسم الذى يمكن منعه من الحركة بعجلة تزايدية إلى أسفل رأسيا بواسطة قوة رأسية إلى أعلى تؤثر عن طريق خيط مرن وبسرعة دائمة كما فى شكل (٢٧).



شكل (٢٧) تأثير القوى المركزية على مركز الكتلة

وعلى ذلك يمكن إثبات أن القوة الرأسية المتولدة من الجهاز بواسطة الخيط المرن تقوم بعملين فى آن واحد فهى تمنع الجسم من التحرك رأسيا إلى أسفل وبالتالى تساعد وزنه، كما يتولد عنها حركة دورانية حول (م) بمعدل أسرع فأسرع حيث يحدث تأثير دورانى مستمر بدون حركة خطية.

وفى حالة مساعدة الوزن يجب أن تكون القوة مساوية ومضادة للوزن وتؤثر فى (م)، ولحدوث التأثير الدورانى بدون حركة خطية يحتاج إلى زوج من القوى المتساوية والمتضادة وخط تأثيرهما مختلف بعيدا عن الآخر - أى هناك مسافة بين خط التأثير - ومن الواضح الآن الشد فى الخيط له قوة مساوية ومضادة للوزن - ونتيجة للقوى اللامركزية والتى تحدث عجلة دورانية فى الجسم يمكن أن تستنتج أن القوة غير المتمركزة تساوى قوة مساوية لها ولكنها تؤثر فى مركز الثقل (م) وأيضا ازدواج بسبب الدوران.

ولو قمنا بإجراء هذه التجربة السابقة فى الاتجاه الأفقى وذلك بوضع اليويو على سطح أملس - بدون احتكاك - فإن نفس شد الخيط سوف يحقق الشروط السابقة، ويكون أفقيا بدلا من رأسيا ويتحرك الجهاز بعجلة قيمتها حوالى ٣٢ قدم/ ث^{٢} وذلك فى اتجاه شد الخيط بينما حركته الدورانية تتزايد بنفس المعدل السابق.

الدفع وكمية الحركة *Impuls - Momentum*

فيما سبق كان التأكيد على موضوع العلاقة بين الحركة بعجلة والحركة المنتظمة أى بين العجلة والسرعة، وهذا يرجع إلى أن اهتمامنا بتأثير قوى العجلة تأثير حركى مصحوب دائما بتأثير القوة.

ومع أنه فى الحالات العملية لانهتم فقط بالنتيجة الحالية لتطبيق القوة على الجسم ولكن لينصب الاهتمام أيضا بالنتيجة النهائية التى تحصل عليها عندما تؤثر القوة لزمن محدود. لذا يلزمنا معرفة السرعة النهائية للجسم وهى حاصل ضرب عجلته × الزمن الذى عملت به هذه العجلة وهناك مشكلة غالبا ما نقابلها فى دراسة الحركة الطبيعية، وهى تغير مواصفات العجلة فى كل من القيمة والاتجاه باستمرار الزمن - مع الزمن - نتيجة لتغيير القوة فى نفس الفترة.

ولكننا سوف نفترض أن هناك قيما ثابتة للكميات التى تشملها الدراسة.

لنفرض أن القوة (ق) ولنأخذها إما بوزن الرطل أو بوزن كجم كما ذكر فيما سبق وباستخدام نفس المعادلة (٢٤)، وكما هو الحال فى القانون الثانى قدم/ رطل/ ثانية النظام المترى على التوالي لنحصل على:

٣٢ × ق × ن = ك × حـ × ن = ك × ع . . . . (٢٦)

أو ٩,٨ × ق × ن = ك × حـ × ن = ك × ع . . . . (٢٦ أ)

ويعرف الطرف الأيمن للمعادلة على أنه الدفع، الطرف الأيسر من المعادلة على أنه كمية الحركة.

وإنه لمن الضرورى الإشارة إلى أن الدفع وكمية الحركة[١] كلاهما متجه مصاحبين لبعضهما وفقا للقانون الثانى للحركة، وأن القوة التى تؤثر فى اتجاه ما لزمن قصير سوف تكسب الجسم كمية حركة فى نفس الاتجاه عدا كمية الحركة التى يمتلكها الجسم أصلا.

حفظ كمية الحركة : *Conservation of Momentum*

يمكن إظهار الحالة الاستاتيكية لجسم موضوع على أرض أفقية عن طريق الغاء القوى المتساوية والمضادة للوزن ورد فعل الأرض وهذا وفقا للقانون الأول للحركة والذى ينفى وجود محصلة أى قوة خارجية عندما لاتوجد عجلة.

لو أخذنا هذا التساوى بين القوى ورد فعل الأرض ممكن أن تمتد لتشمل الحالات التى تظهر فيها قوى بواسطة حركة الأجسام المتلامسة التى تؤثر على بعضها البعض، وعليه يمكن تعريف القانون الثالث كما يلى:

«لكل فعل رد فعل مساو له فى المقدار ومضاد له فى الاتجاه»

والفعل هو تأثير القوى على جسم ما، أما رد الفعل فهو تأثير القوة المضادة لهذا الجسم على الجسم الأول.

---

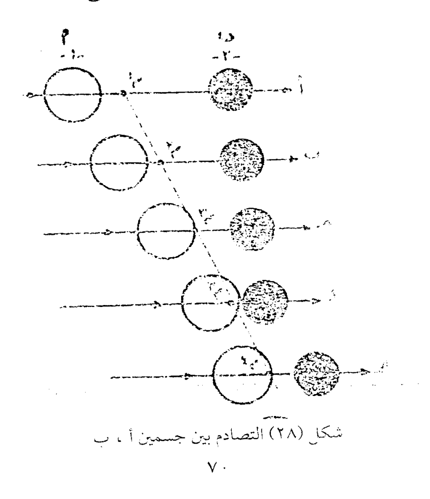
(١) كمية الحركة : من ملاحظتنا اليومية نعرف أنه لو حاولنا أن نحرك جسمين مختلفى الكتلة بسرعة واحدة، فإننا نحتاج إلى التأثير بقوة أكبر على الجسم ذى الكتلة الأكبر. وأيضا إذا حاولنا تحريك جسم بسرعة ما ثم حاولنا تحريكه بسرعة أكبر من السرعة الأولى، فإننا نحتاج إلى بذل مجهود أكبر، بمعنى أننا نحتاج إلى التأثير بقوة أكبر. لذلك لكى نقارن بين حركة جسمين لابد أن نضع فى الاعتبار كتلتيهما وسرعتيهما معا، ولقد عبر نيوتن عن المقياس الناشىء من الكتلة والسرعة بكمية الحركة وتعريفهما هو «حاصل ضرب كتلة الجسم × سرعته اللحظية»

الدفع = القوة × الزمن = التغير فى كمية الحركة.

وعلى سبيل المثال الشكل (٢٨) خلال التصادم بين الجسمين (أ، ب) لنفرض أولا أنهما كانا يتحركان فى نفس الاتجاه وأن الجسم (أ) يتحرك بسرعة أكبر من الجسم (ب)، فإن القوة الناجمة من (أ) على (ب) فى الاتجاه الأمامى فى كل الوقت مساوية لتلك الناتجة من (ب) على (أ) فى الاتجاه العكسى. ليس هذا فقط، وإنما القوى تؤثر لحظيا فى فترة زمنية محدودة لذا فهى تتبع الدفع الأمامى ـ حاصل كمية الحركة الأمامية ـ المعطى إلى (ب) ويكون مساويا للدفع العكس ـ النقص فى كمية الحركة الأمامية. الناتج من (أ)، وبناءً على ذلك نصل إلى نتيجة هامة وهى أن القوى المتبادلة بين الجسمين لم تعمل ذلك لأن الفرق بسيط لكمية الحركة للنظام ككل ـ أى أن التغيير فى كمية الحركة للنظام ككل = صفر - لأن المعطى بواسطة عضو منه يفقد بواسطة الآخر فى نفس الاتجاه، هذا القانون هو قانون حفظ الطاقة أو كمية الحركة وهو ذا أهمية كبرى فى الميكانيكا ويمكن تطبيقه على الأفعال المتبادلة بين مركبات الأجسام فى أى نظام.

دور الأرض:

يعرف الدفع بأنه الكمية التى يمكن أن تزيد بالتحديد مع الزمن وهو دائما مصحوبا



شكل (٢٨) التصادم بين جسمين أ ، ب

بدفع آخر مساو له فى المقدار ومضاد فى الاتجاه ويزيد أيضا نفس الزيادة مع الزمن، ولاشك أن جميع حركات الإنسان هى نتيجة لرد الفعل ولكننا لا نستطيع بسهولة ملاحظة رد الفعل لهذه الحركات لأن الجسم الآخر هو الكرة الأرضية.

وفى مثال الاتزان الاستاتيكى لجسم واقف على الأرض، نجد أن كمية الحركة إلى أسفل تمنع من الزيادة بواسطة دفع معاكس لايسير مع الزمن بنفس المعدل وفقا لوزن الجسم. ولكن عند اعتبار أصل هذه القوة يجب أن تدخل الأرض فى المناقشة.

وبناء على عدم وجود الدفع لايحدث زيادة فى كمية الحركة وعلى ذلك لو فكرنا فى هذا كنظام من جسمين علينا أن ندرك أن القوة التى تجذب الجسم الصغير إلى الأرض مساوية ومضادة فى الاتجاه لتلك التى تجذب الأرض إلى الجسم الصغير، ولتتبع هذه الزيادة فى كمية الحركة إلى أسفل بواسطة السقوط الحر للجسم تكون مساوية للزيادة فى كمية الحركة إلى أعلى بواسطة الأرض لأن كلاهما يأتى معا، وعندما يحدث التصادم فإن كمية الحركة المتساوية والمتضادة تنتهى عن طريق الدفع الذى يحدث عند التلامس - أى أن الدفع = التغير فى كمية الحركة.

وعلى أى حال نحن لانعير اهتماما لقوة جذب الأجسام الصغيرة القريبة من الأرض.

وكنتيجة للقانون الثالث لنيوتن، نلاحظ أن القوى الموجودة فى الطبيعة تحدث أزواجا كل زوج منها من قوتين متساويتين فى المقدار ومتضادتين فى الاتجاه وتعملان فى خط واحد، وقد يظهر لنا أن وجود القوى أزواجا متساوية ومتضادة يؤدى إلى توازنها فينعدم أثرها فى حركة الأجسام فتستمر فى حركتها بسرعة منتظمة كما فى (أ) شكل (٢٨) - تثبت فى مواضعها - ولكن هذا غير صحيح إذ أن هناك دائما قوى أخرى تعمل على التغلب عليها لوجود بعض العوامل الهامة كالاحتكاك ومقاومة الهواء.

وظاهرة الارتقاء فى النشاط الرياضى تعطى ضوء على هذا القانون فالدفع الذى يدفع به اللاعب الأرض يسبب رد فعل مساو له فى المقدار، ومضاد له فى الاتجاه ولكن لاختلاف الحجم فإن الأرض لا تتحرك من تحت قدم اللاعب، ولكن اللاعب فى هذه الحالة هو الذى يتحرك وذلك حسب زاوية الارتقاء وقوة دفع اللاعب للأرض.

وتعرف قوة رد فعل الأرض بأنها مقاومة سطح الأرض والتى يمكن قياسها بواسطة بعض الأجهزة، وإذا كانت مقاومة سطح الأرض صغيرة جداً أو غير كافية فإن رد الفعل سوف يتلاشى.

ولنعود لمحاولة تطبيق قانون نيوتن على شكل (٢٨) حيث يمكن معاملة الجسمين على أنهما نظام بسيط معزول له مركز مشترك وحدث للنظام فعل متبادل بين حركتى الجزئين، ويمكن بالطبع أن تحدث الحركة لكلا الجزئين بالنسبة لمركز الثقل.

إن إحدى الكرتين لايمكن أن تبقى فى حالة سكون بينما تتحرك الأخرى، وعلى ذلك يجب أن تأخذ القياسات ليس بالنسبة لسطح الأرض ولكن بالنسبة لمركز الكتلة المشترك للأرض وكل شىء عليها أو قريب منها.

وعلى أية حال كتلة الأرض الكبيرة تؤكد لنا أن لاشىء يمكن عمله إلا وله تأثير قياسى إما على وضعه أو دورانه، ويمكن أخذه ببساطة كما لو كان خزاناً كبيراً محدودا أو منبع لكمية الحركة الذى يبقى غير متأثرا بالتغيرات لكمية الحركة التى تحدث به.

الحرارة الناتجة خلال مجموعة أجسام :

من المناقشة السابقة علينا أن نقدر قيمة أن أى دفع تكون غالبا مصحوبة بتغير ملائم فى كمية الحركة وأن الدفعات الداخلية لاتسبب تغيرا فى كمية الحركة الكلية التى يمتلكها مجموعة أجسام تكون فيما بينها نظاما كما فى شكل (٢٨)، فإن كمية الحركة يمكن تمثيلها بواسطة الكتلة للنظام ككل، ولنفرض أنها تتركز فى (م) وتتحرك عندما تتحرك (م) ولا تتغير نتيجة أى تفاعل بين مركبات الأجزاء.

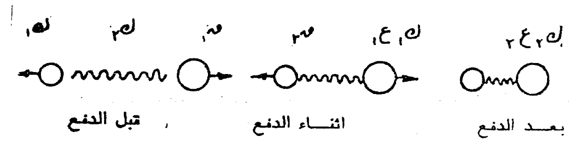
إن التصادم الحادث فى شكل (٢٨) بين الكرتين (أ،ب) سوف يغير من سرعتيهما للاقتراب من (م) إلى سرعات الابتعاد ولكن هناك تأثير هام وهو أن سرعتيهما عند الابتعاد عن (م) وعن بعضهما أقل من سرعتيهما عند الاقتراب.

وأكثر من ذلك تبين التجربة أن التصادم لو أعيد بثبات ـ على سبيل المثال بواسطة خيط مرن يربطهما معا ـ نلاحظ أن (أ،ب) سوف ينقصان بواسطة سرعات صغيرة كلما حدث التقارب حتى يصلان معا بصفة دائمة عند (م)، وهذه الظاهرة هى نقص

فى السرعة النسبية لمكونات الأجزاء لنظام معزول - بغض النظر عن الطريقة التى يحدث بها - يكون مصحوبا بتوليد حرارة، فإن الأجسام تصبح ساخنة عندما تنقص سرعتها النسبية وهذا مثال على تجريد الطاقة، طاقة الحركة تحولت إلى طاقة حرارية.

أمثلة على الدفع فى حركات الإنسان.

من دراستنا لقانون رد الفعل عرفنا أن هناك قوتين مؤثرتين بين كل كتلتين حرتين متحركتين، وهاتان القوتان لهما نفس المقدار ومتضادتان فى الاتجاه ومن ثم الأمثلة فى حياتنا اليومية كثيرة منها لو حاول المرء أن يبعد قاربان أو عربتان عن بعضهما فإنهما سوف يتحركان ولكن فى الاتجاه المضاد. كما أنه لو وضع جلتين فى حركة حرة بينهما زنبرك مضغوط، فعندما ينطلق الزنبرك فإننا نلاحظ تحرك كل من الكتلتين بقوتين متساويتين ولكن فى اتجاهين متضادين كما فى شكل (٢٩).



شكل (٢٩) تطبيق بيانى لإيضاح رد الفعل

كما أن تساوى ضغط اليد على جلة حديدية أثناء الدفع يحدث دفعا آخر من الجلة على اليد يساوى دفع اليد على الجلة.

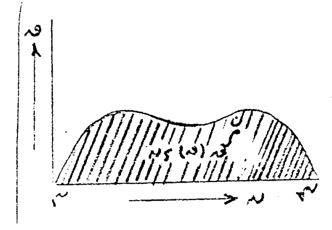
وانتقال الدفع له أهمية خاصة فى الحركة البشرية وخاصة فى الحركات الرياضية، وبما أن الدفع هو تصادم جسم متحرك بجسم آخر ثابت أو متحرك فإنه يحدث نتيجة لذلك ضغطا بين هذين الجسمين وينتج تغير فى السرعة، وتسمى هذه القوة بالدفع ومن أهم الأمثلة فى الحركات الرياضية انتقال الدفع من كتلة الجسم إلى أداة كما يحدث فى دفع الجلة ورمى القرص أو الرمح فى العاب القوى والتصويب على الهدف فى الألعاب الجماعية، وانتقال الدفع من الجهاز إلى كتلة الجسم كما يحدث فى آخر الارتقاء على سلم القفز فى حصان القفز فى الجمباز أو آخذ الارتقاء على سلم الوثب المتحرك فى الغطس والدفع الناتج فى العدو وأيضا فى حركات الوثب والقفز بأنواعه

وأشكاله المتعددة ويجب أن تعرف أنه إذا كان اتجاه الدفع فى اتجاه الحركة سمى الدفع بالدفع المركزى، وإذا كان الجسم متجها فى خط سير الدفع سمى بالدفع فى خط مستقيم.

ويلاحظ أن القوة بشكل خاص فى الحركات الرياضية غير ثابتة المقدار مدة تأثيرها ديناميكيا أى متغيرة بصفة دائمة بالنسبة للزمن، وعلى ذلك فإن مقدار المساحة يمثل لنا دفع القوة بين زمنين مع مراعاة دالة «القوة ـ الزمن» ويكون مقدار المساحة مساويا للتغيير الخاص بكمية الحركة فيما يتعلق بالجسم المتحرك بعجلة تزايدية أو تقصيرية فى هذا الزمن.

ويمكن التوصل إلى معرفة المساحة الواقعة بين منحنى الدالة والإحداثيات بطريقة الرياضيات باستخدام تكامل الدالة خلال زمنين معينين. ولذلك فإن الصياغة العامة التى يعطيها لنا علم الرياضيات والتى تحدد العلاقة بين دفع القوة والتغير فى كمية الحركة تكون كما هو موضح على أساس الشكل (٣٠).

$$\int_{\text{ن}_1}^{\text{ن}_2} \text{ق (ن) د ن} = \text{ك} \left(\text{ع}_2 - \text{ع}_1\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٢٧)$$



شكل (٣٠) دفع القوة فى حالة القوة المتغيرة

إن العلاقة بين الزمن والقوة بالنسبة للحركات الرياضية ليست دالة يمكن تحليلها باستخدام الرياضيات بشكل عام. ويترتب على ذلك عدم القدرة على إيجاد التكاملات المضبوطة عن طريق علم الرياضيات، ولذلك فإن الفرد يضطر الى التقريب بما يجعل من الممكن إيجاد المساحات المحصورة بين منحنيات القوة والزمن

باستخدام طرق تخطيطية (مم٢) أو (سم٢)، كما يمكن حساب وحدات القياس الخاصة بالقوة والزمن المستخدمة فى المنحنيات بتحويلها إلى (كج . م/ث) أى وحدة القياس الخاصة بالدفع .

الشغل : *WORK*

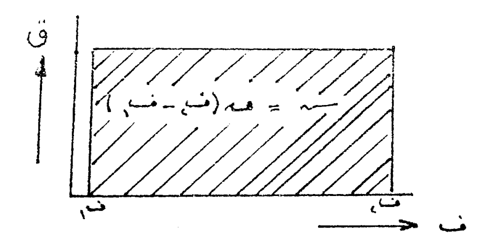
يكثر استخدام اصطلاح الشغل فى الحياة اليومية، ويفهم الفرد هذا المضمون بشكل عام، على أنه التغلب على مقاومة ما . ويقصد عند التحدث عن العمل العضلى فى علم الفسيولوجيا بالتوتر العضلى سواء أكان ذلك فى صورة تأثير قوة استاتيكية أى انقباض ثابت ـ أو ديناميكية .

أما الميكانيكا فعلى العكس من ذلك لا تعرف سوى تقدير حسابى قاطع لمدلول الشغل، وله تعريف محدد ويشترط فيه حركة الجسم بتأثير القوة ويرمز له :

الشغل = القوة × المسافة

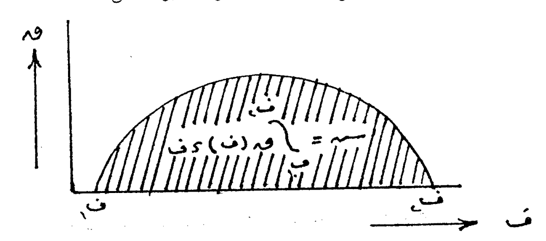
فإذا أثرت قوة ثابتة فى جسم وحركته، فإن مقدار الشغل يزداد بزيادة المسافة وفى كل حالة يكون مساويا لحاصل ضرب القوة فى المسافة .

فإذا رسمنا محورين متقاربين ومتعامدين أحدهما أفقيا لتمثيل المسافة والآخر رأسيا لتمثيل القوة ورسمنا خطا بيانيا يربط القوة بالمسافة فإنه يكون مستقيما يوازى محور المسافة شكل (٣١) .



شكل (٣١) الشغل كتكامل للمسافة فى حالة ثبات القوة

ويكون الشغل ممثلا بمساحة المستطيل المظلل. أما إذا كانت القوة متغيرة فلا يكون الشكل مستطيلا وإنما يكون تكامل المسافة لهذه القوة المتغيرة شكل (٣٢).

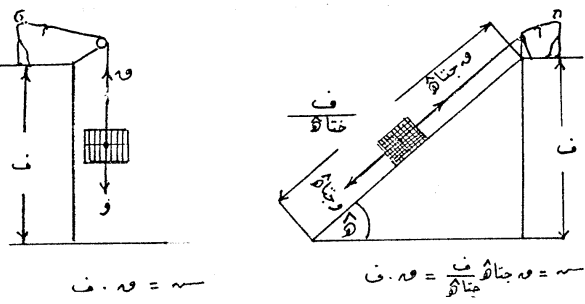


شكل (٣٢) الشغل كتكامل للمسافة فى حالة تغيير القوة

فإذا رفع جسم وزن (و) إلى أعلى لمسافة قدرها (ب) فإن ذلك يتطلب شكلا قدره:

ش = و × ف . . . . (٢٨)

ولايكون هناك اختلاف إذا كان الجسم يرفع عموديا أو على سطح مائل حيث يتم فى الحالتين إنجاز نفس الشغل شكل (٣٣):



شكل (٣٣) تشابه الشغل رغم اختلاف المسافات بسبب ثبات الوزن وارتفاع مكان الرفع

ويدلنا هذا المثال المبسط على أن الشغل ليس مقدّراً له اتجاه - ليس كمية موجهة - إنما هو مقياس.

وكثيرا ما يختار الشخص فى الحياة اليومية المسافة الأطول لتسهيل الشغل، إلا أن هذا الأمر لا يؤدى إلى توفير كمية الشغل، حيث تنطبق القاعدة الذهبية للميكانيكا على هذه الحالة كما موضح فى الشكل (٣٣) كمثال لرافعة. ويكفى للتعرف على تلك القاعدة الذهبية معرفة معادلة الرياضيات التالية:

$ق_{١} \times ف_{١} = ق_{٢} \times ف_{٢}$ .... (٢٩)

ويتساوى الشغل المبذول فى طرفى المعادلة. ويتم فى حالة حركات الإنسان أن يتولى الجهاز العصبى المركزى توجيه نظام روافع مركبة، تتكون من عظام ومفاصل وعضلات. وإذا ما راعينا القاعدة الذهبية للميكانيكا، فإننا نلاحظ وجود روافع عظمية كثيرة عند حدوث ذلك.

الطاقة : *Energy*

توجد أنواع كثيرة من الطاقة منها الطاقة الحرارية، الطاقة الكهربائية والطاقة الميكانيكية، وسوف يقتصر الحديث فى هذا المرجع عن الطاقة الميكانيكية التى تشمل:

١ـ طاقة الوضع.

٢ـ طاقة الحركة.

١ـ طاقة الوضع : *Potential Energy*

من الممكن أن تكمن فى جسم ما قدرة معينة من الشغل على أساس وضعه، وعلى سبيل المثال: عند رفع جسم من الأجسام وزنه (و) إلى ارتفاع قدره (ف) فإنه يكون من اللازم بذل شغل قدره (و × ف) ولا يذهب هذا الشغل سدى بل يكون فى صورة طاقة كامنة، ويمكن للجسم إعادة استخراج هذه الطاقة الكامنة أو الوضعية عند الاحتياج إليها. وهذا ما يقوم به فعلا عندما يلقى به الشخص من هذا الارتقاء إلى أسفل.

ويتساوى مقدار الطاقة الكامنة مع الشغل المطلوب بذله لرفع الجسم وفق المعادلة التالية:

$ش = و \times ف = ط_{وضع}$ .... (٣٠)

٢ ـ طاقة الحركة : *Kinetic Energy*

نعلم من دراستنا فى كينماتيكا الحركة الخطية أنه إذا أثرت قوة فى جسم كتلة (ك) وتحرك بعجلة مقدارها (جـ) فإن سرعته النهائية هى :

$$ع = \sqrt{ع^{٢}_{صفر} + ٢ \, ج \, ف}$$

وأن $ع^{٢} - ع^{٢}_{صفر} - ٢ \, جـ \, ف = صفر$

حيث (ف) المسافة التى يقطعها الجسم عندما تزداد سرعته من ع صفر إلى ع وينتج من ذلك :

$$ع^{٢} - ع^{٢}_{صفر} = ٢ \, جـ \, ف$$

وبضرب طرفى المعادلة فى $\frac{١}{٢}$ ك ينتج أن :

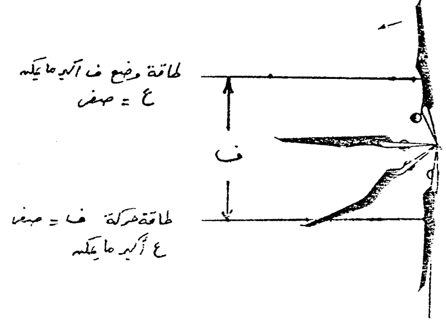
$$\frac{١}{٢} ك \, ع^{٢} - \frac{١}{٢} ك \, ع^{٢}_{صفر} = ك \, جـ \, ف$$

ولكن ك جـ = ق

$$\therefore \frac{١}{٢} ك \, (ع^{٢} - ع^{٢}_{صفر}) = ق \times ف \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٣١)$$

والطرف الأيمن من المعادلة هو طاقة الحركة أما الطرف الأيسر فهو طاقة الوضع .

ويمكن تحويل طاقة الوضع إلى طاقة حركة وبالعكس والمثال التالى للاعب الجمباز خلال أداء الدائرة العظمى على جهاز العقلة شكل (٣٤) يوضح تحويل طاقة الوضع إلى طاقة حركة ونجد أن سرعة مركز ثقل جسم اللاعب فى هذا المثال تكون مساوية للصفر عندما يكون فى أعلى وضع له ولذلك فإنه لا توجد طاقة حركة فى هذا الوضع . بينما تكون طاقة الوضع هنا أكبر ما يمكن لأن الارتفـاع (ف) وهو بُعد مركز ثقل الجسم عن الأرض يكون أكبر ما يمكن وقد تحقق هذا الارتفـاع بواسـطة مرجحة الجسم التى عملت على رفع مركز ثقله (و) إلى هذا الوضع . وعند نزول الجسم لأسفل إلى قاع المرجحة ـ أقل ارتفاع ممكن ـ تكون طاقة الوضع مساوية للصفر لأن المسافة (ف) تصبح عندئذ صفرا، ولكنها تتحول إلى طاقة حركة حيث تصبح سرعة الجسم عندئذ أكبر ما يمكن ، وعلى ذلك نرى أن طاقة الوضع تتحول إلى طاقة حركة .



شكل (٣٤) طاقة الوضع خلال الدائرة العظمى على جهاز العقلة

وفى حالة التحول الكامل للطاقة يمكن أن تكون معادلة الطاقة كما يلى :

طاقة الوضع + طاقة الحركة = مقدار ثابت

$$و \times ف + \frac{ع^{٢}}{٢} = \text{مقدار ثابت} \quad .... \quad (٣٢)$$

ولكن فى مثل هذه الحالة السابقة لاشك أن جزء من طاقة الوضع يتحول إلى طاقة حرارية يحس بها اللاعب عندما يمسك عارضة العقلة ولذلك تكون المعادلة كما يلى :

طاقة الوضع + طاقة الحركة + الطاقة الحرارية = مقداراً ثابتا . . . . . . (٣٢أ)

القدرة : *Power*

كثيرا ما يستخدم لفظ القدرة أيضا فى حياتنا اليومية العامة فيقال إن اللاعب لديه قدرة على الوثب مثلا أو القفز من فوق جهاز ما، والواقع أن ذلك يعتبر من الناحية الميكانيكية شغلا بينما العداء الذى يجرى ١٠٠ متر مثلا هو الذى لديه القدرة من الناحية الميكانيكية، لأن القدرة هى شغل مرتبط بزمن معين. فإذا جرى العداء ١٠٠ متر دون التقيد بزمن فهو فى الواقع ينجز شغلا، وعلى ذلك يمكن أن نعبر عن القدرة بالمعادلة التالية :

$$\text{القدرة} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}} \quad .... \quad (٣٣)$$

الفصل السادس

كيناتيكا الحركة الدائرية

١ ـ عزم الدوران .
٢ ـ عزم القصور الذاتي .
٣ ـ دفع الدوران.
٤ ـ طاقة الحركة الدورانية.



الفصل السادس

كيناتيكا الحركة الدائرية

ANGULAR KINETICS

١ ـ عزم Rotation Motion :

أشرنا فيما سبق إلى أنه فى حالة عدم مرور خطوط تأثير القوى بمركز ثقل كتلة الجسم التى تؤثر عليه تنشأ حركة دورانية، تتطلب دراستها التعرف على عزم الدوران، وعزم القصور الذاتى للكتلة، ودفع الدوران.

عزم الدوران Moment

هو حاصل ضرب القوة (ق) فى المسافة العمودية (ف) بين خط عملها ومركز دوران الجسم وعلى ذلك يمكن القول بأن عزم الدوران يتواجد طالما كان هناك مسافة عمودية بين خط عمل القوة المؤثرة ومركز ثقل كتلة الجسم فى حالة الحركة الحرة، ويتسبب عزم القوة فى اكتساب الجسم عجلة زاوية، بمعنى أن يكتسب الجسم حركة دائرية ذات عجلة حول مركز ثقل الجسم، ويعبر عن ذلك بالمعادلة التالية:

عزم الدوران = القوة× المسافة العمودية

م = ق× ف . . . . (٣٤)

ونظرا إلى أن قيمة عزم الدوران هى عبارة عن ناتج ضرب القوة فى المسافة الرأسية (أو نصف قطر الدوران)، فإن وحدة القياس تكون بالكيلو جرام. متر، وعلى ذلك فإنه من الممكن لقوتين كبيرتين مختلفتين إحداث نفس عزم الدوران، اذا ما كانت النسبة بين القوتين تساوى عكس النسبة بين ذراعيهما.

$$\left(\frac{ق_١}{ق_٢} = \frac{ف_٢}{ف_١} \right)$$

٢ ـ عزم القصور الذاتى *MOMENT OF INERTIA*

فى الحقيقة أن عزم القصور الذاتى هو العامل الذى يؤثر فى الحركة الدائرية نفس تأثير الكتلة فى الحركة الانتقالية، كما أن كتلة الجسم تحدد قيمة العجلة الخطية التى تكسبه إياها وهى قوة معلومة تؤثر عليه.

فإن عزم القصور الذاتى يحدد قيمة العجلة الزاوية التى يكسبها الجسم نتيجة لتأثير ازدواج معلوم حول محور ثابت يدور حول الجسم، هذا الازدواج هو العزم الدورانى.

ففى حالة كتلة تتحرك فى مسار دائرى حول مركز دوران بعيدة عنه خارج نفس الجسم كالعداء الذى يجرى فى مضمار دائرى الشكل مثلا نجد أنه إذا كان نصف قطر دائرة المضمار ١٠٠ متر، وكان هناك عداء آخر يجرى أيضا فى مضمار آخر له نفس مركز دوران المضمار الأول ولكن نصف قطره هو ٥٠ متر فقط، فإن كل من العدائين سوف يجرى بسرعة زاوية واحدة بمعنى أن كل منهما سوف يقطع مقادير متساوية من الزوايا فى الفترات الزمنية المتساوية أى أنهما سيصلان معا فى النهاية ، كما أن مركز الدوران ثابت بالنسبة لهما. ولكى يتحقق ذلك أى وصول العدائين فى النهاية معا لابد أن يجرى العداء الذى فى المضمار الأكبر (نق = ١٠٠م) بسرعة محيطة أى سرعة خطية تعادل ضعف السرعة المحيطة للعداء الذى يجرى فى المضمار الأصغر (نق = ٥٠م) على الرغم من أنهما يجريان بسرعة زاوية متساوية، كما أن معدل طاقة الحركة بالنسبة له سيكون أربع أضعاف طاقة الحركة بالنسبة للاعب الذى يجرى فى المضمار الأصغر حيث أن معادلة الطاقة هى:

$$ط_{ح} = \frac{ك}{٢} ع^{٢} \quad ....(٣٥)$$

وإذا أردنا معرفة تأثير نصف قطر الدوران على الطاقة فيمكن صياغة المعادلة على النحو التالى:

∵ ع = نق . ى، ى = السرعة الزاوية

$$∴ \quad ط_{ح} = \frac{ك}{٢} نق^{٢} . ى^{٢} \quad ....(٣٦)$$

حيث $ط_{ح}$ = طاقة الحركة الدورانية.

وهكذا فان طاقة الحركة تتغير بتغير مربع نصف قطر الدوران عند ثبات السرعة الزاوية.

أما عند حركة الدوران لجسم ممتد ـ كلاعب الجمباز على جهاز العقلة ـ فإن جزيئات الكتلة لجسم هذا اللاعب يكون لكل منها على حدة مسافاتها المتباينة بعدا عن مركز الدوران ـ أنصاف أقطار مختلفة ـ، وبناء عليه فإن مقادير الطاقة المبذولة تكون

مختلفة أيضا مع مراعاة أن المجموع الكلى لمقادير الطاقة لجميع أجزاء الكتلة تنتج لنا مجموع طاقة الحركة الكلية للجسم الذى يدور حول المحور. غير أن هذه الطاقة الكلية تختلف بالنسبة لجسمين لهما نفس الكتلة عند تحرك كل منهما بسرعة زاوية واحدة، وذلك إذا لم يكن شكل الجسمين واحدا. أما بالنسبة للحركة الانتقالية فإن تساوى قيمة الطاقة الفعلية مع تساوى الكتلة وسرعة قطع المسافة لايكون لهما علاقة بشكل الجسم.

ويتضح لنا تأثير شكل الجسم على حركة الدوران فى عزم القصور الذاتى للكتلة حيث يمكننا أن نتبين ذلك من المعادلتين الخاصتين بطاقة الحركة وهما:

الحركة الانتقالية — الحركة الدائرية

$$ط_{ح\,خـ} = ك \,.\, \frac{ع^{٢}}{٢} \qquad\qquad ط_{ح\,د} = ك \,.\, نق^{٢} \, \frac{ى^{٢}}{٢}$$

حيث $ط_{ح\,خـ}$ = طاقة الحركة فى الحركة الانتقالية

$ط_{ح\,د}$ = طاقة الحركة فى الحركة الدائرية

ك = كتلة الجسم المتحرك، ع = السرعة الخطية، ى = السرعة الزاوية.

فلو عوضنا عن القيمة ك نق^{٢} بكتلة الدوران أى عزم القصور الذاتى للكتلة والتى يرمز لها بالزمن ض فان كلا المعادلتين يكون لهما نفس المدلول.

$$ط_{ح\,جـ} = ك \,.\, \frac{ع^{٢}}{٢} \qquad\qquad ط_{ح\,د} = ض \,.\, \frac{ى^{٢}}{٢}$$

إلا أنه يجب أن نلاحظ أن العلاقة:

ض = ك نق^{٢} لا تنطبق إلا على حالة الجسيم فى جسيمات كتلة تتحركة حركة دورانية. أما بالنسبة للجسم بأكمله، يجب علينا استخلاص القيمة الكلية لكل عزم من عزوم القصور الذاتى الخاص بجسيمات الكتلة كلها أى:

$ض_{ج}$ = مجـ ض = مجـ Δ ك نق^{٢} . . . . (٣٧)

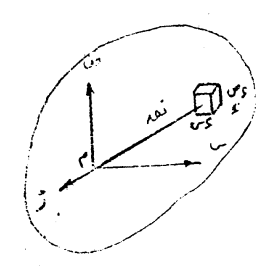
وفى هذه الحالة يجب اعتبار أن (Δ ك) تعبر على أنها تتعلق بجسم الكتلة الذى يعتبر جزءً من الجسم نفسه، وذلك على العكس من (ك) التى تعبر عن الكتلة الكلية للجسم.

فإذا فرضنا أن جسيمات الكتلة (د ك) تتراوح من حيث قيمتها.

ض = ∫ نق^{2} دك .... (٣٧أ)

أما بالنسبة للجسم ذى الكثافة الثابتة (ث) فإنه يمكننا أن نكتب المعادلة التالية وتستبدل فيها تفاضل الكتلة (دك) كما هو موضح فى المعادلة شكل (٣٥).

د ك = (ث) (د س) (د ص) (د ز)



شكل (٣٥) التعبير عن
عزم القصور الذاتى للكتلة

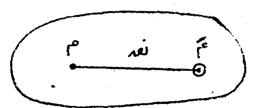
وبذلك تكون صورة تكامل عزم القصور الذاتى للكتلة كما فى المعادلة التالية:

ض = ث ∫^{س} ∫^{ص} ∫^{ز} نق٢ (د س) (د ص) (د ز)..... (٣٧ب)

ويلاحظ أن وحدة القياس تكون كجم. م٢)، ووفقا لقاعدة شتاين يمكن حساب عزم القصور الذاتى عند الممارسة العملية شكل (٣٦)، حيث يقول شتاين فى تلك القاعدة «أن عزم القصور الذاتى لجسم ما بالنسبة لمحور دورانه الذى لايمر خلال مركز ثقله يساوى عزم القصور الذاتى لهذا الجسم بالنسبة لمحور مركز ثقله مضافا إليه مقدارا قدره (ك نق^{2})».

ض $_{م}$ = ض $_{مـ}$ + نق٢ ك............ (٣٨)

حيث ض$_{م}$ = عزم القصور الذاتى حول النقطة (م)، ض$_{مـ}$ = عزم القصور الذاتى لمركز ثقل الجسم، نق = المسافة بين مركز ثقل كتلة الجسم ومحور الدوران، ك = كتلة الجسم.



شكل (٣٦) قاعـــدة شتايـــــن

ويلاحظ أيضا محور مركز ثقل كتلة الجسم ومحور الدوران كل منهما موازى للآخر.

ويتضح من قاعدة شتاين أنه يكون لكتلة الجسم أقل عزم للقصور الذاتى عند دورانه حول محور يمر خلال مركز ثقله، ففى هذه الحالة يتلاشى حاصل ضرب (ك نق٢) لأن نق يساوى فى هذه الحالة صفرا. إلا أن هذا الأمر لاينطبق إلا على الجلة، وزهر الطاولة المتساوى الأضلاع.

أما كافة أشكال الأجسام الثابتة الأخرى، فإن لها محورا لمركز ثقل تعتبر ذا قصور ذاتى أقل كثير من القصور الذاتى لكتلته، وذلك لأن توزيع الكتلة بالنسبة لمحور مركز الثقل يكون مختلفا بشكل يتفق مع اتجاه محور مركز ثقل كتلة الجسم. فبالنسبة لجسم الإنسان الموجود فى الوضع الممتد، يمثل المحور الطولى محور مركز الثقل الخاص بأصغر عزم للقصور الذاتى للكتلة، وفى هذه الحالة تكون كتلة الجسم فى أقرب أوضاعها إلى محور الدوران انظر جدول (١).

ويمكن حساب عزم القصور الذاتى للكتلة بالنسبة للأجسام الهندسية المنتظمة ذات الكثافة الثابتة. أما فى حالة جسم الإنسان، فيكون من الضرورى لايجاد ذلك عقد مقارنة مع عزم قصور ذاتى لكتلة معلومة بالطرق التجريبية. يوضح لنا الجدول (١) مقارنة لمقادير القصور الذاتى لكتلة جسم الإنسان مع اختلاف حالة وضع الجسم واختلاف محاور الدوران حسب اختلاف مراكز ثقل الجسم.

جدول (١) مقدار عزم القصور الذاتى لكتل جسم الإنسان مع اختلاف أوضاع الجسم ومحاور الدوران

شكل الجسم	الدوران حول	عزم القصور الذاتى (كم. م٢)
	المحور العميق (ز)	١٢,٠٠ - ١٥,٠٠
	المحور العرضى (س)	١٠,٥ - ١٣,٠
	المحور العرضى (س)	٤,٠ - ٥,٠
	المحور الطولى (ص)	١,٥٠ - ١,٢
	المحور الطولى (ص)	٢,٠٠ - ٢,٥

٣ـ دفع الدوران Angular Momentum

اتضح لنا أن القانون الأساسى للديناميكا فى الحركة المستقيمة (الانتقالية) هو ق = ك . حـ ولكن فى الحركة الدورانية نستعيض عن القوة (ق) بعزم القوة (م) والذى يساوى حاصل ضرب القوة (ق) فى العمود النازل من خط عمل القوة على محور الدوران (ب) ونستعيض عن الكتلة بعزم القصور الذاتى (ض)، وعن العجلة الزاوية (ز)، وكما يحدث فى حالة الحصول على الدفع فى الحركة المستقيمة نضرب القوة فى الزمن يتم أيضا الحصول على الدفع فى الحركة الدائرية وذلك بضرب عزم القوة فى الزمن.

م . ن = ض . ى .... (٣٩)

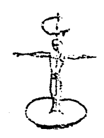
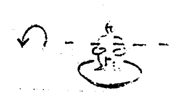
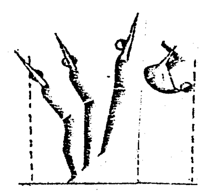
حيث (م) = عزم القوة، (ن) = الزمن، (ض) = عزم القصور الذاتى، (ى) = السرعة الزاوية. وذلك فى حالة ثبات العزم وعدم وجود سرعة زاوية ابتدائية. أما فى حالة تغيير العزم ووجود سرعة زاوية ابتدائية تصبح المعادلة وفق ما يلى:

$$\int_{\text{ن}_1}^{\text{ن}_2} \text{م (ن) د ن} = \text{ض}_1\,\text{ى}_1 - \text{ض}_2\,\text{ى}_2 \quad \text{............ (٣٩ أ).}$$

ويراعى للحصول على مقدار الدفع المتحصل عليه أن:

ض . ى = مقدار ثابت

ويمكن إيضاح مقدار الدفع المتحصل عليه بشكل عام. ويستخدم من أجل ذلك منضدة دائرية ذات محور دائرى رأسى مع مراعاة أن تكون قوة الاحتكاك قليلة جدا، ويوضع الشخص الذى تجرى عليه التجربة فوق المنضدة فى وضع ممتد، بحيث يكون مركز ثقله فى محور الدوران تقريبا، وعن طريق إعطاء دفعة من الخارج نقل كل من المنضدة المستديرة، والشخص المجرى عليه التجربة إلى حالة حركة دورانية، وعندما يتخذ الشخص المجرى عليه التجربة وضع القرفصاء ـ أى عندما يصغر عزم القصور الذاتى له ـ فإنه يلاحظ ازدياد لحظى يطرأ على السرعة الزاوية كما فى شكل (٣٧ـ أ، ب).

(أ) (ب) (جـ)

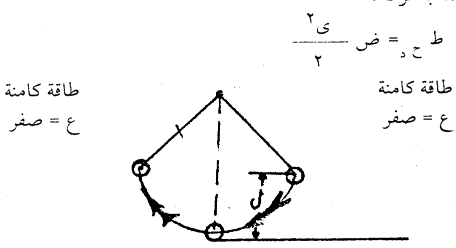
شكل (٣٧) تغيير عزم القصور الذاتى

كما يمكن ملاحظة هذه الظاهرة بصورة واضحة خلال أداء لاعب الجمباز الدورة الهوائية الخلفية المتكورة شكل (٣٧ ـ جـ) حيث يدفع اللاعب الأرض وجسمه ممتدا وبذلك يكون عزم القصور الذاتى أكبر ما يمكن، وبما أن الدفع لامركزى أى أنه لايمر بمركز ثقله فستحدث حركة دائرية ذات سرعة زاوية كبيرة، وعندما يصل اللاعب لوضع التكور يقل مقدار عزم القصور الذاتى بدرجة كبيرة مما ينتج عنه زيادة السرعة الزاوية بدرجة كبيرة أيضا تؤدى إلى تمكين اللاعب من أداء دورة كاملة أو أكثر إذا لزم الأمر.

٤ـ طاقة الحركة الدورانية *Angular Momentum*

عند انتقال الطاقة التى تحصل عليها خلال أداء المرجحة البندولية على جهاز العقلة شكل (٣٨) افترضنا وجود كتلة بندول على شكل نقطة، وفى حقيقة الأمر كل جسم من الأجسام يكون له درجة قصوى للتمدد لدرجة أن الحركة الدائرية التى تحدث للبندول ينتج عنها أن يكون عزم القصور الذاتى لكتلة جسم البندول وليست الكتلة نفسها هى المعيار الذى يعول عليه بالنسبة لمحور الدوران فى هذه الحالة، وفى المعادلة (٣٢أ) التى تتعلق بتوازن الطاقة يكون علينا ـ عند وجود البندول ـ أن نعبر عن تلك الطاقة الخاصة بالحركة.

$$ط_{ح\,د} = ض \frac{ى^{٢}}{٢}$$



طاقة حركة

شكل (٣٨) الحركة البندولية

ووفقا لرأى شتاين فان القانون التالى هو الذى ينطبق على عزم القصور الذاتى للكتلة بالنسبة لمحور الدوران الذى يبتعد عن المحور الذى يمر خلال مركز الثقل بمسافة قدرها (أ)

$$ض_م = ض_{م/} + نق^٢ ك$$

حيث ($ض_{م/}$) هى عزم القصور الذاتى للكتلة بالنسبة لمحور مركز ثقل الجسم.

فاذا عوضنا عن (ض) فى المعادلة، فانه ينتج لنا قيمة طاقة الحركة التى تتمثل فى مدلولين للطاقة هما:

$$ض_م \frac{ى^٢}{٢} = ض_{م/} \frac{ى^٢}{٢} + ك \frac{ى^٢ نق^٢}{٢}$$

ولأن نق · ى = ع فانه يمكن تبسيط المعادلة حتى تصبح:

$$ض_م \frac{ى^٢}{٢} = ض_{م/} \frac{ى^٢}{٢} + ك \frac{ع^٢}{٢}$$

ويرجع وجود نوعين مختلفين من أجزاء الطاقة الحركية إلى حدوث حالة تعاقب للحركة الانتقالية والدائرية عند تحرك البندول وتتحرك الكتلة التى نفترض كونها وحدة واحدة، والتى توجد عند مركز ثقل جسم البندول بحركة انتقالية فى مدار دائرى، وينطبق على هذا الجزء من الحركة ـ كجزء للطاقة ـ المعادلة التالية:

$$ط_{ح\,د} = ك \frac{ع^٢}{٢}$$

وفى نفس الوقت فان جسم البندول تكون له حركة دائرية خاصة به تجعل من الضرورى أن يكون مدلول الطاقة كمايلى:

$$ط_{ح\,د} = ض_{م/} \frac{ع^٢}{٢} \quad ....(٤٠)$$

وبذلك تحدث حالة توازن الطاقة بالنسبة للحركة الكلية لأن:

$$ط_و + ط_{ح\,خـ} + ط_{ح\,د} + ط_{حرارية} = \text{مقدار ثابت} \quad .... (٤١)$$

وباضافة العلاقات الخاصة بأشـكال الطـاقة الميكانيـكية وهى ($ط_{ح\,د}$)، ($ط_{ح\,د}$)($ط_ح$) ينتج لنا المعادلة الخاصة بتوازن الطاقة.

$$و \,.\, ف + ك \frac{ع^٢}{٢} + ط_{م-/} \frac{ى^٢}{٢} + ط_{الحرارية} = \text{مقدار ثابت} \quad ..(٤١أ)$$

الفصل السابع

الاستاتيكا

1 - مركز الثقل .
2 - أوضاع الاتزان .
3 - مقاييس الاتزان .

الفصل السابع

الاستاتيكا

STATIC

تبحث الاستاتيكا فى شروط اتزان الأجسام المؤثرة عليها بالقوى، بمعنى دراسة ظروف سكون الأجسام، وغالبا ما تتحول أو تتجه هذه الدراسة إلى دراسة الشروط الواجب توافرها فى القوى المؤثرة على الجسم لكى تؤدى إلى سكونه واتزانه.

ولاشك أن جسم الإنسان ـ وهو جسم حى ـ يختلف فى سكونه عن الأجسام الأخرى ـ سواء كانت ميتة أو صماء ـ من حيث تعدد القوى المؤثرة عليه وظروفها المختلفة، وكذلك من ناحية تكوينه وتركيبه مما يترتب عليه تعقيد الاتزان. وبما أن جسم الإنسان يتكون من مجموعة أجزاء، لذا تتوقف ظروف اتزانه على وضع أجزاء الجسم بالنسبة لبعضها وكذلك على وضع الجسم كله بالنسبة لقاعدة ارتكازه.

وفى حالة ما إذا كان الجسم متزنا، فإن قوى العضلات تكون رغم ذلك فى حالة نشاط من أجل ذلك لاتقتصر استاتيكا التمرين البدنى على دراسة ظروف الإنسان تحت التأثير المتبادل للقوى الخارجية التى تؤثر على جسمه فقط ولكنها تبحث أيضا فى التأثير المتبادل بين قوى العضلات ـ وهى القوى الداخلية التى يمكن للإنسان بواسطتها أن يأخذ وضعا معينا ليس فيه أى حركة ـ وبين القوى الخارجية.

ويلاحظ أننا سوف نعتبر أن الجسم يعد ثابتا عند قيامنا بالتحدث عن أجزاء الجسم كل منها على حده باعتبارها مكونات للجهاز الحركى الإنسانى، كما يلاحظ أنه بالرغم من ذلك يكون من الضرورى العمل وفقا لقاعدة النقطة المتوسطة للكتلة، أو ما يسمى بمركز ثقل كتلة الجسم، وذلك عند الرغبة فى دراسة الحركة الميكانيكية لجسم متماسك وتوضيحها، إلا أن هناك شروطا معينة يجب وضعها فى الاعتبار، وهى شروط يجب توفرها عند الرغبة فى استنباط حركة الجسم المتماسك عن حركة مركز الثقل.

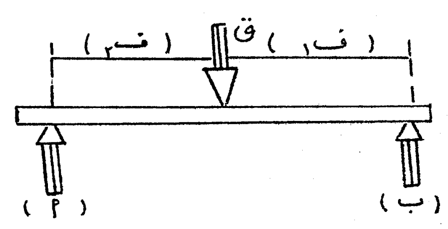
١ ـ مركز الثقل Center Gravety :

من دراسة أى وضع مشابه لشكل (٣٩) نرى بوضوح أن هناك شرطان يجب توافرهما فى حالة التوازن الاستاتيكى للجسم هما:

١ - ناتج القوتين الدافعتين إلى أعلى - وهما القوتان الكامنتان (أ ، ب) - تساوى ناتج القوة (ق) المضادة لهما، ومعنى ذلك أن المجموع الكلى الذى يعتبر محصلة تلك القوى جميعها والتى تؤثر عموديا فى هذه الحالة يجب أن تكون صفرا (علما بأن القوى المؤثرة إلى أعلى تكون موجبة الإشارة):

أ - ق + ب = صفر

٢ - برغم أن توفر شرط أ = ب = $\frac{١}{٢}$ ق يعتبر شرطا كافيا إلا أن ذلك لا يعنى أن العارضة تكون فى حالة الاتزان، لأنه نتيجة لعدم كون نقطة تأثير القوة فى المنتصف فإنه من الضرورى أن تكون (ب) هى القوة الكبرى، بالإضافة إلى ضرورة كونها أكبر من $\frac{١}{٢}$ ق). وعلى ذلك فإنه يجب إيجاد شرط آخر من الضرورى توفره لحدوث الاتزان بحيث يتوقف ذلك على العلاقة بين (أ ، ب) ويمكن الوصول إلى هذا الشرط إذا تصورنا أن العارضة تعتبر رافعة مرتكزة عند النقطة (أ) أو النقطة (ب) وأن قوى الفعل ورد الفعل تعتبر قوى مضادة على هذه الرافعة شكل (٣٩).



شكل (٣٩) قوتان كامنتان أ ، ب كقوة رد فعل ضد قوة خارجية مضادة

فإذا اعتبرنا أن النقطة (أ) عبارة عن نقطة الدوران للرافعة فإن هذه الرافعة تبقى فى حالة الاتزان عندما يزول تأثير (ق) عند النقطة (ب) بحيث يتلاشى تأثير هاتين القوتين بفعل كل منهما فى الأخرى، ويلاحظ أن (أ) نفسها لاتقوم بالتأثير إطلاقا على هذه الرافعة، وذلك لأن خط التأثير يمر خلال نقطة دوران الرافعة، ويفهم تأثير الرافعة على أنه ضرب فى ذراعها، وهو ما يرمز له بعزم القوة.

ويمكن أن تصف حاصل ضرب (ق . ف$_{2}$) فى المثال السابق على أنه عزم التحميل وأن (ف$_{1}$ + ف$_{2}$). ب عزم القوة، ويجب أن يكون مقدارهما متساويا، وأن تكون لها خاصة الدوران المعتادة. ومعنى ذلك أن مجموع قيمة كل من هذين العرضين يساوى صفرا.

فإذا اعتبرنا أن الدوران فى اتجاه مضاد لاتجاه دوران عقربى الساعة ـ على أنه موجب حسابيا ـ فإن الشرط الثانى لحدوث الاتزان يكون على النحو التالى:

$$-\text{ق} \cdot \text{ف}2 + \text{ب}\,(\text{ف}_1 + \text{ف}_2) = \text{صفر}$$

وعلى ذلك يكون لدينا معادلتان تتضمنان مجهولين هما (أ، ب) ويمكننا إيجاد قيمة (ب) من معادلة العزم بحيث تكون:

$$\text{ب} = \text{ق} \cdot \frac{\text{ف}_2}{\text{ف}_1 + \text{ف}_2}$$

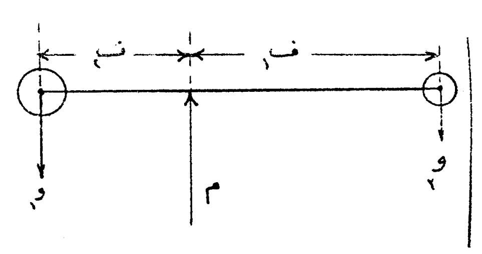
كما يمكن إيجاد (أ) من معادلة القوة بحيث يكون :

$$\text{أ} = \text{ق} - \text{ب}$$

وبالتعويض الحسابى عن قيمة (ب) فى المعادلة ينتج أن :

$$\text{أ} = \text{ق} \cdot \frac{\text{ف}_1}{\text{ف}_2 + \text{ف}_2}$$

ووفقا للطريقة التى قمنا بتعريفها فيما سبق، فإن من الممكن لنا معرفة مقدار واتجاه نقطة تأثير القوة الخاصة بالارتكاز التى تتعلق بأى جسم متماسك واقع تحت تأثير الجاذبية الأرضية فى حالة اتزان كما فى شكل (٤٠) حيث تمثل الحلقتان الجسم المتماسك. ويتبقى أن نتصور أن الوصلة ليست ذات كتلة كما يجب أيضا أن نعتبر أن الحلتين متناهيتين فى الصفر، وذلك كى تكون فقط نقطة التأثير الخاصة بقوى الوزن الذاتى ذات معنى واحد، ولايمكن أن يكون اتجاه قوة الارتكاز إلا بشكل رأسى ضد الجاذبية الأرضية مع إمكان التعرف على مقدارها ونقطة تأثيرها عن طريق المعادلتين الخاصتين بالقوة والعزم:



شكل (٤٠) التوصل إلى معرفة قوة الارتكاز

$$\text{م} - \text{و}_{1} - \text{و}_{2} = \text{صفر}$$

$$\text{م} \cdot \text{ف}_{2} - \text{و}_{2} \left(\text{ف}_{2} + \text{ف}_{1}\right) = \text{صفر}$$

$$\text{م} = \text{و}_{1} + \text{و}_{2}$$

$$\text{ف}_{2} = \text{و}_{2} \cdot \frac{\text{ف}_{2} + \text{ف}_{1}}{\text{و}_{2} + \text{و}_{1}} \quad \text{،} \quad \text{ف}_{1} = \text{و}_{1} = \frac{\text{ف}_{2} + \text{ف}_{1}}{\text{و}_{1} + \text{و}_{2}}$$

فإذا قمنا بلف الجسم على مستوى معلوم (مثال ذلك ٩٠ درجة) فإنه من الممكن إيجاد قوة الارتكاز الثانية من حيث المقدار، والاتجاه، ونقطة التأثير، وتمثل لنا نقطة تلاقى خطى التأثير الخاصتين بقوتى الارتكاز مركز ثقل الجسم.

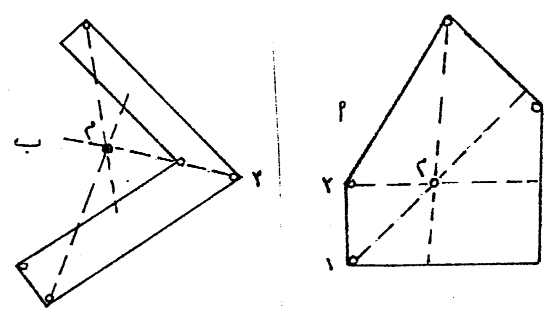
إلا أن ذلك يعدو أن يكون إسقاط نقطة الارتكاز على مستوى عن طريق جسم ما، ومن الضرورى بناء على ذلك إيجاد الكمية المتجهة الثالثة لقوة الارتكاز فى مسطح ما، والتى لاتكون موازية لكل ما سبق إيجاده حتى الآن، وتتلاقى كافة الكميات الثلاثة المتجهة والخاصة بقوة الارتكاز فى نقطة هى مركز ثقل كتلة الجسم فى حالة اتزان عند زوال جاذبيته، بتأثير قوة الارتكاز. ومعنى ذلك ضرورة أن تكون قوة الارتكاز عمودية ومضادة للجاذبية الأرضية، وأن تكون مساوية فى المقدار لوزن الجسم نفسه مع ضرورة مرور خط التأثير الخاص بهما خلال مركز الثقل.

وعلى أساس تلك العلاقات التى توصلنا إليها فإنه يمكن إرجاع حركة أى جسم متماسك دائما إلى حركة مركز ثقله، والربط بين الاثنين، فإن الجسم المتماسك يتعامل

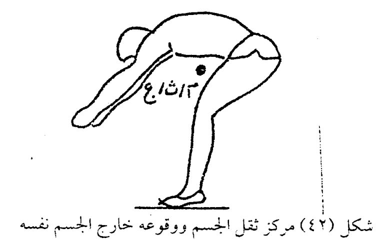
مع قوى أخرى تمر خطوط تأثيرها خلال مركز ثقله، بالإضافة إلى ما يحدث من تعامله أيضا ضد قوة الجاذبية الأرضية، فإذا لم تتقابل الكمية المتجهة للقوة المؤثرة مع مركز الثقل، تحدث حركة دوران تم التحدث عنها فى الفصل السادس.

ويمكن تحديد مركز ثقل أى جسم متماسك بطريقة تجريبية مبسطة عن طريق تغيير طريقة تعليقه مع ثبات اتجاه الخيط فى كل حالة، واعتبار خط التأثير الخاص بقوة الارتكاز شكل (٤١) متقاطعا فى نقطة هى مركز ثقل كتلة الجسم.

ويلاحظ أن بعض أشكال الجسم يمكن أن ينتج عنها وجود مركز ثقل كتلة الجسم نفسه خارج الجسم شكل (٤١ أ)، وهذه الحالة تنطبق أيضا على جسم الإنسان عند ثنى الجذع كاملا شكل (٤٢).



شكل (٤١) تحديد مركز الثقل بالتجربة عن طريق تعدد مرات التعلق



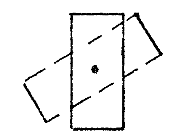
شكل (٤٢) مركز ثقل الجسم ووقوعه خارج الجسم نفسه

٢ـ أوضاع الاتزان : *Equilibrium Positions*

إذا كان الجسم المتماسك فى وضع قابل للدوران حول محور وتحت تأثير وزنه فإن هذا الجسم يمكن أن يكون له ثلاث أوضاع من أوضاع الاتزان :

أـ اتزان متعادل : *Neutral Equilibrium*

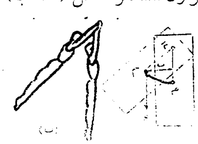
وفيه يمر المحور خلال مركز الثقل الخاص بالجسم شكل (٤٣) وعند دوران الجسم بزاوية من الزوايا، فإنه لا يطرأ أى تغيير على وضع اتزان الجسم الذى يظل بعد دورانه فى حالة ثبات جديدة.



شكل (٤٣)
الاتزان المتعادل

ب ـ اتزان مستقر : *Stable Equilibrium*

وفى هذه الحالة يمر المحور خلال نقطة تقع عموديا على حركة ثقل الجسم شكل (٤٣أ)، وعند دوران الجسم بزاوية معينة فإنه ينشأ عزم قوة بسبب الجاذبية الأرضية التى تؤثر على مركز الثقل، ويعمل عزم القوة (و . ف) على إعادة الجسم مرة أخرى إلى وضعه السابق بالدوران العكسى. ويمثل لنا التعلق بالقبض من أعلى على عارضة العقلة ذلك الوضع المتوازن المستقر شكل (٤٣ ب).

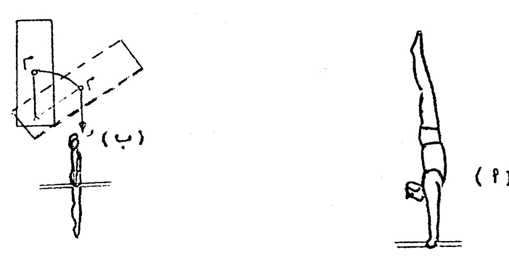


شكل (٤٣ أ ، ب)
الاتزان المستقر

جـ ـ اتزان غير مستقر : *Unstable Équilibrium*

يكون المحور فى هذه الحالة فى وضع رأسى أسفل مركز الثقل، شكل (٤٤)، ويعتبر ذلك من أوضاع الاتزان غير المؤكدة، وذلك لأنه عند حدوث دوران الجسم يزيد عزم وزنه من الدوران إلى أن يصل لوضع الاتزان المستقر، وبالوقوف على اليدين على

جهاز المتوازيين يكون اللاعب فى وضع اتزان غير مستقر. شكل (٤٤أ)، كما يعتبر الارتكاز المتقاطع على جهاز المتوازيين أيضا بمثابة اتزان غير مستقر أيضا، وذلك لأن مركز الثقل فى هذه الحالة فى مستوى فوق نقطة الارتكاز (نقطة الدوران) الخاصة بالذراعيين شكل (٤٤ب) غير أن الجسم يكون فى وضع اتزان مستقر بالمقارنة بوضع تعلقه بالنسبة لمفصلى الكتفين.



شكل (٤٤) الاتزان غير مستقر، (أ) الوقوف على اليدين كاتزان غير مستقر (ب) الارتكاز المتقاطع على المتوازيين كاتزان غير مستقر، واتزان مستقر بالنسبة لوضع التعلق من الكتفين

ونشاهد الأوضاع الثلاثة للاتزان بالنسبة للجلة بشكل تختلف فيه أوضاع ثباتها، ونوعية المسطح الذى ترتكز عليه شكل (٤٥) والفارق بين هذه الحالة وبين كل ما سبق لنا ملاحظته يتمثل فى الحالات الثلاثة التالية من حيث وقوع مركز الثقل فى مستوى فوق نقطة الارتكاز.

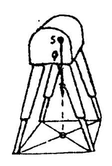
اتزان متعادل — اتزان مستقر — اتزان غير مستقر

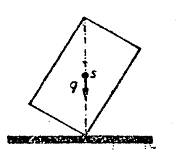
شكل (٤٥) الأوضاع الثلاثة للاتزان فى حالة ارتكاز الجلة

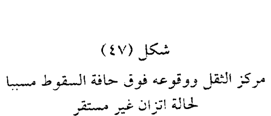
الاستقرار : *Stability*

يطلق على السطح الذى تحدده نقطة الارتكاز لجسم من الأجسام اسم سطح الارتكاز الخاص بالجسم، ومن الضرورى أن تكون هناك ثلاث نقاط للارتكاز على الأقل، فإنه لايمكن تكوين مسطح ما بواسطة نقطتين فقط . وطالما أن الكمية المتجهة لقوة الجاذبية الأرضية تمر خلال مسطح الارتكاز .

ونقصد بذلك أنه طالما مركز ثقل الجسم يكون رأسيا على مستوى المسطح فإن الجسم يكون فى حالة اتزان مستقر شكل (٤٦) ولايخرج الجسم عن حالة الاتزان إلا إذا قام شخص بتحريكه إلى أن يصل لحافة مسطح الارتكاز التى يطلق عليها اسم حافة السقوط بما يجعل مركز الثقل واقعا تماما فوق هذه الحافة، وفى هذا الوضع نكون قد جعلنا الجسم فى حالة اتزان لا مستقر شكل (٤٧) وبمجرد إحداث أية حركة صغيرة يسقط هذا الجسم إلى أى من الجانبين، ليصبح بعد ذلك فى حالة اتزان مستقر .







شكل (٤٦)
مسطح الارتكاز

شكل (٤٧)
مركز الثقل ووقوعه فوق حافة السقوط مسببا لحالة اتزان غير مستقر

٣ ـ مقاييس الاتزان : *Equilibrium Measurements*

فى بعض الأنشطة الرياضية يتوقف الأمر على ما إذا كان الجسم يقع جانبيا فى حالة استقرار بدافع من القوى المؤثرة على جانبيه (الملاكمة، المصارعة، رياضة الانزلاق على الجليد وما إلى ذلك) وفى هذه الحالة يتطلب الأمر قياس درجة الاتزان ونحن نعرف عن الميكانيكا ثلاثة مقاييس للثبات وهى :

- هندسى **Geometric**
- تنشيط الطاقة **Energetic**
- حركى **Dynamitic**

ونعنى بالقياس الهندسى :

ما يعرف بزاوية السقوط عند حالة الاتزان، وهى تمثل لنا تلك الزاوية التى يجب أن يسقط الجسم عند الوصول إليها، وإلى أن يكون مركز ثقله واقعا رأسيا على حافة السقوط شكل (٤٨).

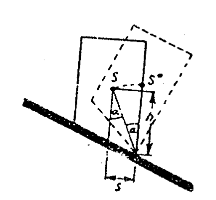
ونظرا إلى أن زاويته الداخلية المقابلة تساوى فى قيمتها نفس قيمة الزاوية ومن السهل تحديدها، فإننا غالبا ما نطلق عليها اسم زاوية السقوط، ويمكن إيجاد قيمة هذه الزاوية بمعرفة ارتفاع مركز الثقل العمودى الذى يرمز له بالرمز (ل) ومعرفة المسافة الأفقية للبعد من مركز الثقل إلى حافة السقوط والتى يرمز لها بالرمز (ف) بحيث يكون :

هـ = مقلوب ظل القوس ف / ل

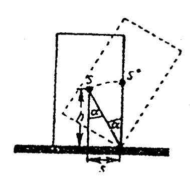
ويمكن اعتبار أن :

هـ = ظا $^{-1}$ ف / ل

وفى حالة القاعدة المائلة، فإنه من الضرورى استخراج قيمة ل، ف، كما هو مبين فى شكل (٤٩). ويزداد مقدار حالة الثبات بزيادة مقدار زاوية السقوط.

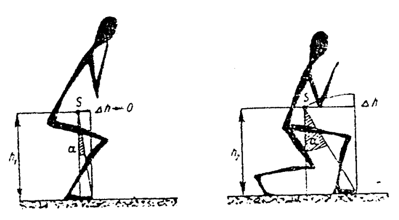


شكل (٤٨)
زاوية السقوط كوحدة قياس هندسى
فى حالة الثبات



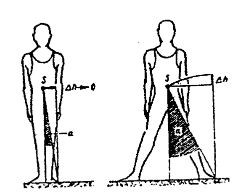
شكل (٤٩)
حالة الارتكاز عندما تكون القاعدة مائلة

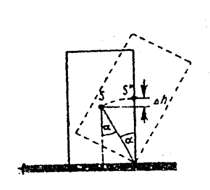
وبتطبيق نفس الشىء فى حالة صغر مسافة ارتفاع مركز الثقل عن حافة السقوط، وفى حالة كبر المسافة الأفقية الفاصلة بين مركز الثقل حتى حافة السقوط ـ عند كبر قيمة المماس ـ والسبب فى ذلك يمكن التعرف عليه إذا ما وضعنا فى الاعتبار الطاقة المبذولة لإحداث ذلك شكل (٥٠) وحيث أن المسافة التى يرتقيها مركز الثقل إلى أعلى والشغل المبذول لتحقيق ذلك (بوحدة قياس الطاقة) يكبر كلما كبرت زاوية السقوط.



شكل (٥٠) اختلاف زوايا السقوط وعلاقتها بالاتزان

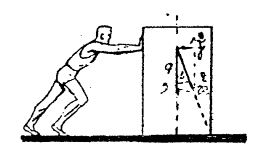
(زيادة حالة الثبات فى وضع السقط عندما تكون زاوية السقوط ومسافة الارتفاع أكبر)





شكل (٥١) (أ) مسافة الارتفاع بوحدة قياس الطاقة فيما يتعلق بحالة الثبات. (ب) زيادة حالة الثبات فى وضع الارتكاز تكون فيه زاوية السقوط ومسافة الارتفاع أكبر.

ويظل الجسم فى حالة مواجهة لقوى جانبية محتفظا بوضع اتزانه، حيث يحدث ذلك نتيجة كل من تأثير القوى الجانبية (ق) وقوة الجاذبية الأرضية (و) حيث تكون محصلتهما هى الكمية الموجهة للقوة (ح) لاتزال تمر خلال مسطح الارتكاز (القياس الديناميكى شكل (٥٢). ولا تتساوى زاوية السقوط (هـ) مع الزاوية الخاصة بالمحصلة (هـ٢) وعليه فإن القوة الجانبية يمكنها أن تسقط جسما ما بطريقة أيسر كلما صغر مسطح ارتكازه وعلى ذلك يكون من الأيسر إسقاط أى فرد بدفعه إذا ما كان هذا الفرد واقفا مع ضم الرجلين عما إذا ما كان منجنيا بعض الشىء إلى الأمام ومتخـذا وضـع الوقوف بحيث تكون إحدى القدمين أماما فى اتجاه وصول قوة الدفع شكلى (٥٠)، (٥١ . ب).



شكل (٥٢) القياس الديناميكى لحالة الثبات

الفصل الثامن

خواص واستعدادات جسم الإنسان

١ ـ السلســلة الكينماتيكيــة المغلقة .

٢ ـ العضلات والعظام ومرونة المفاصل .

٣ ـ عزوم القوى فى حركة جسم الانسان.

الفصل الثامن

خواص واستعدادات جسم الانسان

THE HUMAN ABILITIES AND CHRACTARISTICS

١ ـ السلسلة الكينماتيكية *KINEMATIC LINK*

يطلق مصطلح السلسلة الكينماتيكية على النظام المتكون من أعضاء مختلفة، والتى يرتبط بعضها بالبعض الآخر عن طريق المفاصل، على أن يكون هذا النظام قابلا للحركة.

وهناك نوعان من السلسلة الكينماتيكية هما :

أ ـ السلسلة الكينماتيكية المغلقة :

ويتواجد هذا النوع عندما يكون هناك نظام مكون من وصلات متحركة متصلة ببعضها بواسطة مفاصل على شكل سلسلة مغلقة ولا تكون السلسلة الكينماتيكية المغلقة حركية إلا إذا زادت وصلاتها عن ثلاث ومتصل كل منها بفصل شكل (٥٣).

فإذا كانت مكونة من أربع وصلات وثبتنا أحداهما ودفعنا الأخرى لنتج عن ذلك حركة قسرية لباقى الوصلات، ويقال فى هذه الحالة أن السلسلة لها درجة واحدة.

أما فى حالة الخمس وصلات فإنه يوجد عندئذ درجتان من الحرية حيث تحدث حركة معينة إذا دفعنا إحدى الوصلات وثبتنا الأخرى.

وفى مثل الحالة السابقة لو أننا ثبتنا أحد المفاصل أو أبعدناه ودفعنا كل الوصلات بالتبادل، فإن ذلك يحدث حركة قسرية.

ويمكن أن تلاحظ هذه السلسلة الحركية المغلقة بالنسبة للإنسان فى حالة الوقوف فتحا حيث تربط الأرض بين القدمين.

ب ـ السلسلة الحركية المفتوحة :

وهى عبارة عن نظام مرتبط بوصلات بعضها البعض بمفاصل لاتنتهى بالغلق ولكنها مفتوحة، وفى هذه السلسلة يجب أن تدفع أجزاؤها بالتبادل حتى تحدث حركة معينة. ونجد فى جسم الإنسان أن كل جزء من السلسلة مزود بقوة دافعة وهذه القوة هى قوة العضلات

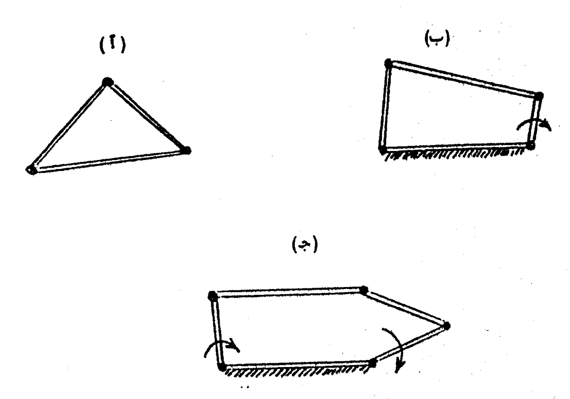
التى يمكنها فى نفس الوقت عزل أى مفصل أو تثبيته فيتغير بذلك عدد أجزاء السلسلة وتتغير بالتالى عدد المفاصل فيها مما يترتب عليه تحديد درجة حرية الحركة .

وأول قاعدة للسلسلة المفتوحة هى أن حركة الجزء المثبت يترتب عليها حركة مصاحبة للأجزاء البعيدة . ولذلك كان للجزء النهائى فيها أكبر قدر ممكن من التحرك ، كما هو الحال فى اليد بالنسبة لذراع الإنسان .

والقاعدة الثانية تقول إن عدد درجات الحرية لجزء من السلسلة تعادل مجموع درجات الحرية للأجزاء السابقة لها .

وعلى ذلك فإن درجة الحرية لليد مثلا تعادل مجموع درجات الحرية لليد + درجات الحرية للساعد + درجات الحرية المرفق ومجموع هذه الدرجات هو ٧ درجات على أساس أن درجة الحرية للساعد ٣ درجات حيث يتحرك فى جميع الاتجاهات + درجتى الحرية للمرفق حيث يتحرك فى اتجاهين + درجتى الحرية لليد حيث تتحرك فى اتجاهين .

ومن ناحية أخرى يمكن تثبيت أحد المفاصل وليكن مفصل المرفق مثلا وبذلك تصبح درجة الحرية هى ٢ لليد + ٣ للساعد فيكون المجموع هو ٥ درجات حرية .



شكل (٥٣) السلسلة الكينماتيكية المغلقة

(أ) بدون درجات حرية.

(ب) بدرجة حرية واحدة.

(جـ) بدرجتين من حركة الحركة

ثم يخرج من القدمين وصلتا عظام الساق اللتان تنتهيان بوصلتى عظام الفخذين ثم تغلق السلسلة بعظام الحوض شكل (٥٤).



شكل (٥٤) السلسلة الحركية المغلقة

العمل العضلى داخل السلسلة الكينماتيكية :

يعتبر أى عمل عضلة بالنسبة للجهاز العضلى وارتباطها به وكذا بالنسبة لتنسيق هذا العمل مع القوى الخارجية عملا معقدا، إلى حد ما ، إلا أن هذه الارتباطات هى فى الحقيقة الشروط الواقعية لإتمام العمل العضلى تحت ظروفها.

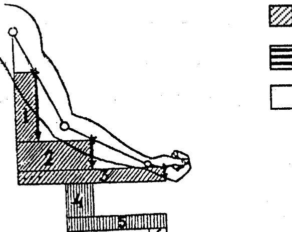
ونظرا لوجود قوة جاذبية أرضية لكل جزء من أجزاء السلسلة تعادل وزن هذا الجزء فإنه ينجم عن كل وضع جديد لكل جزء من هذه الأجزاء عزم حمل جديد مختلف يتطلب عوامل جديدة لتحقيق التوازن.

فلو فرضنا أن السلسلة فى وضع أفقى أو حتى مائل فإن العضلات يلزمها أن تعمل بعزم قوة يوازن عزم الحمل الموجود.

ويكون الانقباض العضلى أكبر ما يمكن بالنسبة للعضلات التى تعمل على الجزء الأول حيث يكون عزم القصور الذاتى بالنسبة للجزء أكبر ما يمكن ـ ولذا نجد أن بناء

هذا الجزء - وهو الذى يقابل العمل فى ذراع الإنسان - قوى ليمكنه تحمل هذا الحمل الكبير، وهو أيضا أمرا ضروريا بالنسبة للتحصيل الديناميكى أنظر شكل (٥٥).

عزم القوة لعضلات مفصل الكتف
عزم القوة لعضلات مفصل المرفق
عزم القوة لعضلات مفصل اليد
عزم قوة جاذبية العضد ١
عزم قوة جاذبية الساعد ٤ + ٢
عزم قوة جاذبية اليد ٦ + ٥ + ٣



شكل (٥٥) عزوم قوة الجاذبية لذراع الإنسان (عن بير نشتاين)

وفى حالة دوران السلسلة بعجلة زاوية شديدة نلاحظ أن الطرف الأخير منها يظل رغم ذلك منثنيا للخلف قليلا، ولايمتد إلا عندما يبدأ الطرف الأول من السلسلة (العضد) فى التحرك بعجلة تناقصية. وتقابلنا مثل هذه الحالة فى المهارات الرياضية مثل رمى القرص مثلا، كما يمكن استغلال هذه الناحية إلى أقصى حد ممكن فتزيد السرعة المحيطية للطرف النهائى (اليد) إلى أقصى درجة ممكنة.

وتعمل أغلب عضلات السلسلة الكينماتيكية على أكثر من مفصل، حيث تعمل أحيانا على مفصلين أو ثلاثة، ولذا ينتج عند الانقباض العضلى حركة مصاحبة أو تابعة شكل (٥٦)، فمثلا نلاحظ أن حركة ثنى مفصلى الفخذين يصاحبها حركة ثنى كل من مفصلى الركبتين والقدمين، ولذلك تعتبر هذه الحركة اقتصادية لأنها لاتتطلب مجهودا فى ثنى باقى المفاصل.

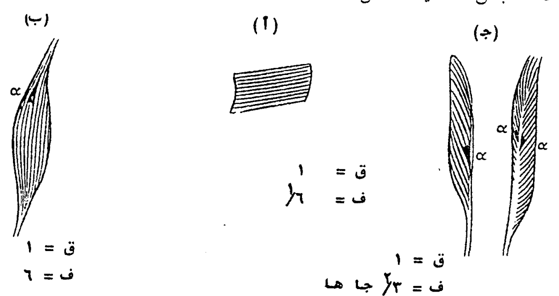
شكل (٥٦) الحركة المصاحبة

٢ ـ العضلات والعظام ومرونة المفاصل

The Muscle, The Bons and Joint Flxibility

تعتبر العضلات فى جسم الإنسان مصدرا لإنتاج القوى المحركة للهيكل العظمى له. وهى عبارة عن أجسام مرنة تتكون من ألياف فردية ومطاطة لها خاصية الانقباض فى ترتيب مختلف فى كل عضلة مما يؤدى إلى وجود أشكال مختلفة للعضلات يمكن تحديدها تشريحيا فى الثلاث أنواع التالية.

أولاً: الشكل العرضى: ويكون فيه ترتيب الألياف العضلية متوازى كما فى عضلات البطن المستقيمة شكل (٥٧ ـ أ).



شكل (٥٧) أشكال العضلات

(أ) الشكل العرضى، (ب) الشكل الطولى (جـ) الشكل الريشى.

ثانياً : الشكل الطولى: وفيه يكون ترتيب الألياف العضلية طوليا كما فى عضلات الأطراف العليا (ثنى ومد الأصابع شكل (٥٧ ـ ب).

ثالثاً : الشكل الريشى: ويكون ترتيب الألياف متوازى ولكن مائل كالريشة، مثل عضلات الفخذ والساق، شكل (٥٧ ـ جـ).

ويشير هوخمد فى هذا الصدد إلى أن ستة ألياف عرضية وأخرى طولية وثالثة ريشية إذا أثرنا عليها بثقل واحد نجد أن نسبة التغيير تختلف من مجموعة إلى أخرى

ويكون نسبة التغيير بنسبة ٦ فى الطولية إلى واحد فى العرضية إلى ثلثين جتا هـ فى الريشية، على أساس أن (هـ) هى زاوية ميل الألياف كما موضح فى شكل (٥٧) ومعامل المرونة له قيمة ثابتة فى المعادن والأجسام الصلبة، طالما لم يخرج التحميل عن حد المرونة، أما فى العضلات فإن معامل المرونة متغير حيث يزداد مع زيادة درجة التمدد حتى يصل إلى أعلى درجة له ثم يعود بعدها إلى التناقص. وهو يصل إلى حوالى من ١٠ ـ ١٢٠ كيلو بوند / سم٢. ويعتبر هذا معامل صغير فى الواقع إذا ما قورن بمعامل مرونة الأجسام الأخرى التى لها خاصية المرونة.

وإذا قارنا معامل مرونة الجلد بمعامل مرونة كل من النحاس والصلب نجد ما يلى :

معامل مرونة الجلد	١٥٠٠ ـ ٢٠٠٠	كيلو بوند / سم٢
معامل مرونة النحاس	١١٠٠٠٠٠	كيلو بوند / سم٢
معامل مرونة الصلب	٢٢٠٠٠٠٠	كيلو بوند / سم٢

وبالنسبة لمرونة العظام يمكن القول بإن العظام تتركب من مواد حيوية وأخرى معدنية. وتزداد نسبة المواد الحيوية فى عظام الأطفال. وكلما كبر الإنسان فى السن اختلفت نسبة تكوين مواد العظام حيث تزداد نسبة المواد المعدنية وتقل نسبة المواد الحيوية. ويؤثر ذلك بالتالى على معامل مرونة العظام. ويمكن قياس معامل مرونة العظام أو العضلات عن طريق تحديد الإجهاد والانفعال باستخدام المعادلة التالية :

$$م_ع \quad \frac{CS}{\in S} \qquad (٤٢)$$

حيث $م_ع$ = معامل التمدد، CS = التوتر ، $\in S$ = التمدد

٣ ـ عزوم القوى فى حركة الإنسان *Human Body Motion Torque Forces*

من المسلم به أن الإنسان يتحرك على نقطة ثابتة تلك النقطة هى مكان اتصال القدم أو القدمين أو اليد أو اليدين بالأرض أو الأجهزة وبتوالى هذا الاتصال ينتج اشكال الحركة كالمشى والجرى والوثب والقفز.

وانطلاقا من هذه المسلمة تظهر أهمية الدراسة التفصيلية لمركبات القوى المؤثرة فى الحركة والمحدثة لها أثناء الاتصال وتكامل هذه القوى بالنسبة للمسار الحركى النهائى.

وعملية تحليل القوى إلى مركباتها تعتبر دراسة لمتغيرات هذه المركبات حتى يمكن حساب عزومها حول مركز ثقل كتلة الجسم على مدى اللحظة الزمنية لتأثير هذه القوى.

مفهوم العزوم.

تختلف الأجسام المتماسكة عن النقط من حيث الناتج الحركى لها تحت تأثير قوة ما فالقوة المؤثرة فى نقطة مادية تحدث انتقالا أو إزاحة لهذه النقطة وهذا الانتقال يعبر عن مقدار واتجاه القوى المؤثرة.

أما الأجسام المتماسكة فإن الناتج الحركى لها تحت تأثير القوة يختلف باختلاف مجموعة من المتغيرات منها مقدار القوة وخط عمل القوة، نقطة تأثير القوة ويرجع ذلك إلى الحيز الذى يشغله الجسم فى الفراغ والذى يختلف باختلافات الأجسام، فإذا أثرت قوة ما فى جسم متماسك فإن هناك حالتين رئيسيتين لنوع الحركة التى يتحركها ذلك الجسم.

١ ـ حالة تثبيت الجسم فى نقطة :

وفى هذه الحالة يتحرك الجسم حركة دورانية حول هذه النقطة وهذا ما يحدث فى حركات الأطراف حول مفاصل جسم الإنسان.

٢ ـ حالة الجسم غير المثبت :

فى هذه الحالة ينتج نوعين من الحركة يرتبط كل منهما لمتغيرات الأسس الأربعة السابق ذكرها.

فإذا مر خط عمل القوة بثقل كتلة الجسم نتجت حركة انتقالية فى اتجاه هذه القوة وإذا كان خط عمل القوة ومركز ثقل كتلة الجسم هو العامل الأساسى فى تحديد نسبة كل من الدوران والانتقال فى الحركة ككل، فكلما زاد البعد بين خط عمل القوة ومركز ثقل كتلة الجسم زاد الميل للدوران.

ويستخدم لفظ الميل للدوران هذا للتعبير عن وجود الجسم تحت مجال عزم القوة، ومن ذلك يتضح أن عزم الدوران هو مقدار ما تحدثه القوة من دوران للجسم المؤثرة فيه وهذا المقدار كمية متجهة تشمل وحدات كل من القوة والمسافة، المسافة هى البعد العمودى لخط عمل القوة عن ثقل كتلة الجسم ويحسب العزم جبريا عن طريق ضرب القوة فى مقدار البعد العمودى بين خط عملها ومركز ثقل الكتلة.

وقد تم الاصطلاح على أن الدوران بصفة عامة فى اتجاهين رئيسيين هما:

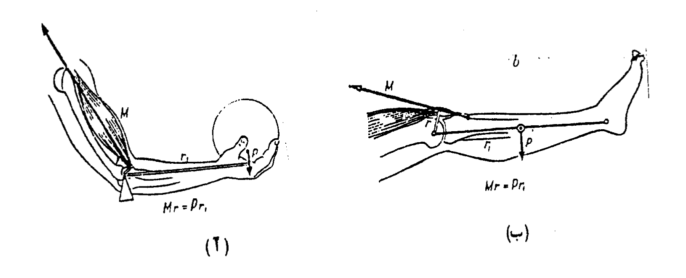
أ- دوران فى اتجاه عقربى الساعة ويعطى إشارة سالبة.

ب- دوران فى اتجاه عكس عقربى الساعة ويعطى إشارة موجبة.

ومن هذا المنطلق أصبح من السهل التعبير عن العزوم مقدار واتجاها. ويخضع جسم الإنسان فى حركته إلى هذه القواعد العامة للعزوم فهو بين مرتكزا على نقطة يتحرك حولها مركز ثقل كتلة وبين طليقا فى الهواء، وفى كلتا الحالتين يكون لعزوم القوى الداخلية وهى العزوم التى يبذلها الإنسان عن طريق مصادر الحركة وهى الانقباض العضلى والقوى الخارجية وهى عزوم القوى الميكانيكية الخارجية التى تحكم حركة الإنسان كالجاذبية الأرضية والمقاومات المختلفة دورا رئيسيا فى تحديد المسار الحركى. ولذلك كانت الامثلة التطبيقية لمفهوم عزوم القوى فى جسم الإنسان كثيرا ومتعددة منها ما يرتبط بالتركيب التشريحى والعمل العضلى ومنها وما يرتبط بالناحية الحركية بصفة عامة.

أولاً: من ناحية التركيب التشريحى والعمل العضلى:

إن لعمل العضلات فى تحريك أطراف الجسم حول المفاصل المختلفة صورة حية للمفهوم التطبيقى للعزوم فالعضلة ذات الأربع رؤوس العضدية عند انقباضها تعمل على بسط مفصلى الركبة - أى تحرك عظام الساق حركة دورانية حول المفصل وبمعنى آخر، فإن انقباض هذه العضلة يحدث عزما حول عظام الساق يؤدى إلى دورانها حول نقطة التثبيت وهى مفصل المركبة ويلعب مكان اتصال اندغام هذه العضلة فى عظام الساق دورا هاما فى تحديد شكل ومقدار ذلك العزم وعمليات القبض فى معظم العضلات العاملة على مفاصل الاطراف تكون أحيانا فى اتجاه عقربى الساعة (-) وعمليات البسط تكون فى اتجاه عكس عقربى الساعة (+) ويظهر ذلك فى شكل (٥٨).



شكل (٥٨) أمثلة لعزوم القوى العضلية (أ) حول عظام الساعد
(ب) حول عظام الساق لجسم الإنسان (عن دنسكوى DONOSOKIE)

ثانياً: من الناحية الحركية :

إن حركة أى جسم بصفة عامة تنتج عن اتصاله بجسم آخر وهذا الاتصال إما أن يأخذ شكل الدفع أو الشد وله صور متعددة يكون لها علاقة بمكان مركز ثقل الكتلة بالنسبة لنقطة الاتصال بالجسم الآخر ومنها جسم الإنسان .

واتصال جسم الإنسان بالأرض أو الأجهزة يكون بواسطة القدم أو القدمين واليد أو اليدين ويكون الناتج الحركى شاملا لنوعى الحركة الدورانية، الانتقالية ـ حيث يحدث حركة دورانية لمركز ثقل الكتلة حول نقطة الاتصال ثم ينتج حركة انتقالية تحرر الجسم من الاتصال بالأرض أو الجهاز .

فالجرى والوثب والقفز هى مسارات حركية لنواتج ارتكاز مختلفة ويشمل كل من هذه المسارات ارتكاز تحدث فيه حركة دورانية وطيران يحدث فيه حركة دورانية انتقالية ويعنى هذا أن للاتصال دورا هاما فى تحديد المسار الحركى مما يدعو إلى ضرورة الاهتمام بطبيعة تفاصيله الحركية .

كما أنه يؤكد أن حركة الإنسان بصفة عامة نتيجة للفروق بين مقادير عزوم القوى المحدثة والمؤثرة فيها .



الفصل التاسع

ميكانيكا الموائع

١ - تأثير برنوللي .
٢ - تأثير ماجنوس .
٣ - طرق قياس مقاومة الموائع .



الفصل التاسع

ميكانيكا الموائع

FLUID MECHANICS

يطلق على العلم الذى يدرس حركة السوائل مصطلح علم ديناميكا الموائع (الهيدروديناميك).

وتؤدى قوة مقاومة الهواء والماء إلى إعاقة مسار الحركة كما يحدث فى حالة احتياج الفرد إلى معرفة كيف يقاوم الماء عند الاصطدام به فى السباحة، والتجديف، والانزلاق على الماء، وكما أن لاعب الوثب على الجليد يتلقى الدفعة عن طريق مقاومة الهواء مما يجعله يواصل الطيران كما هو الحال فى الفراغ الجوى.

وليس هناك اختلاف جوهرى بين مقاومة كل من الماء أو الهواء حيث أن كلاهما عبارة عن مقاومة لتيارات يتوقف مقدارها واتجاهها ونقطة تأثيرها على سرعة التيار ومسطح المقاومة وشكل الجسم وكثافة الوسط، لذا سوف نتناول أولا الخصائص الأساسية لمقاومة التيار، ثم نقوم بعد ذلك بتناول ما يتعلق بتيار الماء وتيار الهواء كل على حده.

بدأ نيوتن بدراسة ديناميكية الموائع إلا أن دانيل برنوللى (١٧٠٠ ـ ١٧٨٢م) تمكن من وضع النظرية الرياضية الأساسية لها.

١ ـ تأثير برنوللى: The Bernoulli Effect

إن الموائع تتسارع بالقوة كالأجسام الصلبة ولكنها لاتحتفظ بشكلها. ويعنى ذلك أنه إذا أثرت قوة ما على نقطة فى سائل مثلا فإنها قد لاتعمل على إزاحة السائل لمسافة معينة. لذلك يتحتم علينا عندما نتعامل مع السوائل أن ندرس تأثير الضغوط (القوة المؤثرة على وحدة المساحة) على المساحات المعينة. حيث تختلف القوة المؤثرة على جزء من الماء عادة من مكان لآخر. ففى حالة تساوى توزيع الضغوط على السائل فإنه لايحتمل حدوث حركة فى أى جزء من أجزاء السائل، وذلك لأن أى جزء صغير من السائل سيكون تحت تأثير نفس القوى من جميع الاتجاهات مما يجعله فى حالة توازن.

أما فى حالة نقص الضغط فى اتجاه معين فسوف تكون هناك قوى تؤثر على أجزاء السائل فى هذا الاتجاه، وعندما ينقص الضغط بهذه الطريقة يقال إن هناك انحدار ضغط فى اتجاه النقص ويلاحظ أن أجزاء معينة من السائل تتحرك أسرع من الأجزاء الأخرى عندما يقل الضغط عليها إلا فى حالة وقوعها تحت تأثير انحدار ضغط حيث تكتسب هذه الأجزاء سرعة كبيرة. وبالطبع أن السائل فى جميع هذه الحالات السابقة تؤثر عليه أية مجموعة أخرى من القوى، فإذا كان السائل أثناء جريانه مثلا ساريا على سطح منحدر إلى أسفل فإن وزن السائل سوف يعمل على زيادة سرعة جريانه بفعل تأثير الجاذبية الأرضية.

مما سبق يمكن استخلاص بأن الضغط يصاحبه زيادة فى سرعة السائل أكبر وبمعنى آخر أن الانخفاض فى الضغط يصاحبه زيادة فى سرعة السائل ويعرف ذلك فى علم ميكانيكا الموائع بتأثير برونوللى وهو الذى يفسر كثيرا من الأمور الهامة التى تحدث للسوائل الجارية، وأحد نتائجها المباشرة هى الظاهرة التى تعرف أحيانا بتأثير ماجنوس.

٢ ـ تأثير ماجنوس : Magnuse Effect

يمكننا مشاهدة هذه الظاهرة بوضوح فى الكرات التى تتحرك فى الهواء وهى تدور. فمثلا فى حالة ضرب كرة الجولف من أسفل مركز ثقلها فإنها سوف تأخذ مسارا فى الهواء ولكنها سوف تدور أثناء ذلك وسوف يتسبب ذلك فى إيجاد قوى تؤثر عليها إلى أعلى وتعمل على بقائها فى الهواء وبذلك يطول مسارها.

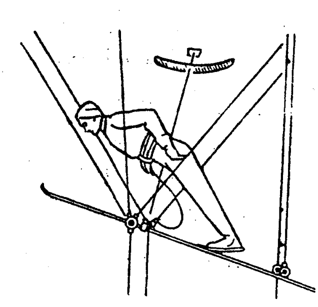
ومما هو جدير بالذكر أن مقاومة الهواء والماء للأجسام، تؤدى إلى إعاقة سير الحركة، فكما يتعرض المرء لمقاومة الماء، أثناء السباحة بأنواعها والتجديف وسباحة اليخوت.. الخ، فإن المرء يتعرض أيضا لمقاومة الهواء أثناء القفز على الجليد، فى البلاد الباردة وأثناء القفز بالمظلات. كما تتعرض الأدوات التى يقذفها فى أنشطته الرياضية لمثل هذه المقاومة مثل القرص والرمح والجلة فى ألعاب القوى وكرة القدم والتنس والجولف والريشة الطائرة... الخ فى رياضات أخرى.

طريقة قياس مقاومة الموائع : Fluid Risistance Measurement Method

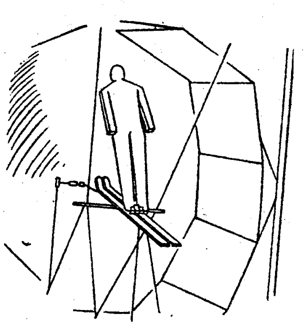
من الممكن قياس مقاومة الموائع بطريقتين مختلفتين:

الطريقة الأولى:

يوضع الجسم فوق ميزان خاص، ومع تحريك الوسط يبين الميزان بطريقة غير مباشرة مقدار القوى التى تؤثر على الجسم فى عكس اتجاه ذلك الوسط المتدفق، وتعرف مثل هذه الأجهزة الخاصة بالقياس باسم قنوات التيارات، وفى حالة الأجهزة ذات الحجم الكبير والتى تتطلب جهدا عاليا لتحريكها، فإنه من الممكن فحص الأجسام وهى فى حجمها الطبيعى من حيث النواحى الفنية للتيار كما فى شكل (٥٩)، (٦٠)، وقد استخدم الإنسان فى كثير من الأحيان قنوات صغيرة فقط للاقتصاد، ولكن لابد من استخدام نماذج مناسبة للجسم إلا أن هناك بالفعل قنوات صغيرة للتيارات تصلح لإثبات وتوضيح قوانين التيارات مثل الجهاز الموضح فى شكل (٥٩) الخاص بتيار الهواء. (٦: ١٨٢، ١٨٣)



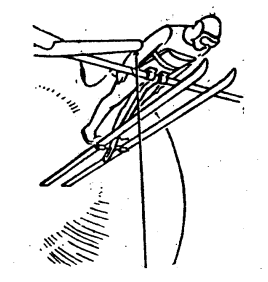
شكل (٥٩) الواثب مع تثبيت الزحافة
وحركة الجسم داخل قناة الهواء
(عن شتراومان **Strauman**)



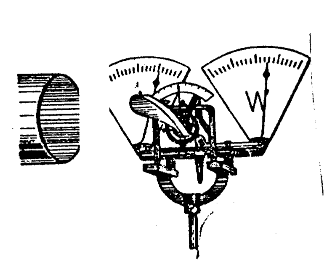
شكل (٦٠) الواثب على الجليد مع
تثبيت مركز الكتل داخل قناة الهواء

الطريقة الثانية :

تعتمد هذه الطريقة على الوسط، وفى هذه الحالة يتم تحريك الجسم باستخدام حبل (مبدأ السحب) وتكون قوة الحبل التى يحب توفيرها حتى يمكن أن يسحب الجسم بسرعة ثابتة فى الوسط الساكن، تمثل لنا مقاومة التيار، ويقوم الفرد من أجل قياس قوة الحبل بجعله يمر فوق بكرات، بينما تكون إحدى هذه البكرات مثبته على الجانب الأفقى كما فى شكل (٦١) فإذا ما كان الجسم على العكس من ذلك متواجدا فى حالة سكون نسبى، يتكىء فيها على آلة متحركة، فإنه من الممكن قياس مقاومة التيار بنفس طريقة القياس بالقنوات مع استخدام ميزان يثبت فوق الجسم الذى يتم الاستناد إليه شكل (٦٢) (٦: ١٨٥، ١٨٦)



شكل (٦١) نموذج للوثب على الجليد مع تثبيت الزحافة فى داخل قناة الهواء (عن شتراومان)



شكل (٦٢) قياس مقاومة تيار الهواء بمقياس صغير

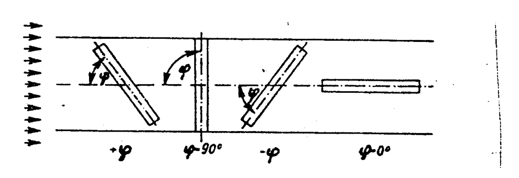
فإذا رمزنا لقوة المقاومة بالرمز **(R)** وسرعة التيار **(V)** ومساحة الجسم الأمامية المعرضة للتيار **(A)** وكثافة المحيط **(D)** فإنه يمكن صياغة المعادلة التالية:

$$\mathbf{W = P \frac{d}{2} \quad V^2 F} \quad \frac{m\,kg}{Sec^2} \quad \text{.......................} \quad \mathbf{(43)}$$

$$\mathbf{R = C \frac{d}{2} \quad V^2 a} \quad \frac{m\,kg}{Sec^2} \quad \text{.......................} \quad \mathbf{(44)}$$

حيث (C) مقدار ثابت للأجسام المتماثلة هندسيا وفق ظروف معينة ولكن لايجب أن يفهم من ذلك أن مقدار (C) متعلق فقط بطول وعرض الجسم، ولكن اتجاه التيار وزاوية تعرض الجسم له تؤثران أيضا على مقدار (C) بالنسبة للجسم الواحد.

فإذا عرضنا جسما لتيار هواء كما فى شكل (٦٣) فإنه يصبح له مقدار معين من (C) ولكن بتغيير زاوية تعرضه للتيار كما فى شكل (٦٣) سوف يتغير مقدار (C) رغم أن الجسم مازال له نفس المقاييس الهندسية والتيار مازال له نفس السرعة.



شكل (٦٣) تغير السطح المواجه مع تغيير زاوية التحكم

ويظهر ذلك بوضوح أكثر إذا عرضنا مسطرة لتيار هواء وهى فى وضع رأسى أى عمودى على تيار الهواء، كما فى الشكل (٦٣) ثم عرضناها مرة أخرى لنفس تيار الهواء وهى بزاوية ميل معينة. حيث يترتب على تغيير وضع الجسم تغير المساحة المعرضة لتيار الهواء وبالتالى تغير قيمة (C). وفى معادلة حساب قوة مقاومة الأجسام للموائع لايحسب المرء مقدار المساحة المعرضة للتيار بل نتعامل مع مساحة الجسم نفسه وزاوية ميل هذا الجسم على التيار كما فى الشكل (٦٤) والتى يترتب عليها تحديد مقدار (C). فمثلا فى حالة حساب مساحة الطائرة المعرضة لتيار الهواء تضرب طولها فى عمقها، أما بالنسبة لجسم الإنسان إذا اعتبرنا أن السطح المميز له هو عرض الكتفين مضروبا فى ارتفاع الجسم فعندما نقوم بحساباتنا مستخدمين القيم النسبية بشكل عددى، فإنه يكون لزاما علينا فى هذه الحالة أن نعرف ماهو السطح المميز الذى نتخذه هنا ليتفق مع قيم (C).

ولا تسرى العلاقة التربيعية الخاصة بالسرعة والتى تتواجد بمعادلة قياس قوة مقاومة الأجسام للموائع وفق رأى نيوتن (١٦٨٧م) إلا فى حالات معينة من السرعات - فمثلا فى حالة السرعات المنخفضة جدا للتيارات (تيار هواء أقل من ١ م / ث)، فإن العلاقة التربيعية يجب أن تكون أقل من ذلك، وفى حالة زيادة السرعة بصورة كبيرة (سرعة تيار هواء أكبر من ١٠٠م/ث) فإن العلاقة يجب أن تكون أكبر من التربيع.

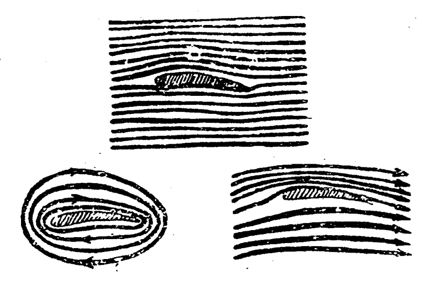
ويجب عند إجراء التحليل فى الميكانيكا الحيوية أن تضع فى الاعتبار أهمية لقوة الماء فى جميع الحالات بينما فى حالات السرعات المنخفضة يكون من الممكن التغاضى عن قوة الهواء.

ويلعب شكل الجسم وزاوية تعرضه للتيارات دورا هاما فى تحديد اتجاهات قوى المقاومة الناتجة عن ذلك.

فمثلا: بالنسبة لجسم الطائرة يتعرض أولا لقوة رفع أو تيار رافع شكل (٦٤) ولا تكاد تكون هناك مقاومة تذكر. ثم يبدأ بعد ذلك فى تواجد تيار عكسى أسفل جسم الطائرة مما يترتب عليه حدوث دوامة تدور أعلى وأسفل الجسم شكل (٦٥)، وينتج عن هذه الدوامة بعد ذلك زيادة سرعة التيار أعلى الجسم ونقص فى سرعته أسفل الجسم مما يترتب عليه زيادة الضغط أسفل الجسم وانخفاضه أعلى الجسم ويؤدى ذلك إلى رفع الجسم لأعلى باستمرار كما سبق الإشارة إليه بالنسبة لضرب كرة الجولف ومما يعرف بتأثير ماجنوس.

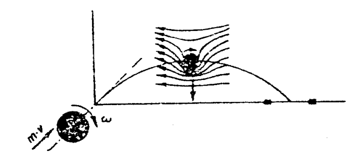
اتجاه الريح

شكل (٦٤)
تعرض جسم
الطائرة لقوة
دفع أو تيار رافع



شكل (٦٥) حدوث دوامة تدور لأعلى وأسفل الجسم

ويمكن الاستفادة أيضا من تأثير ماجنوس فى حالة الضربة الركنية لكرة القدم حيث يعمل على دخول الكرة مباشرة فى مرمى الخصم، فإذا كانت الضربة الركنية من الركن الأيمن بمعنى أنه سوف يقوم بها الجناح الأيمن، فإنه يجب عليه عند ضرب الكرة أن يضربها من الجانب الأيسر، وبذلك سوف يؤدى العزم الناتج من ضرب الكرة من الجانب الأيسر إلى دوران الكرة أثناء طيرانها فى اتجاه عقربى الساعة مما يؤدى إلى زيادة ضغط الهواء على الكرة من الناحية الخارجية عن المرمى وقلة الضغط فى الناحية التى بين الكرة والمرمى فتتجه الكرة إلى داخل المرمى كما فى شكل (٦٦).



شكل (٦٦) تأثير ماجنوس فى الضربة الركنية لكرة القدم

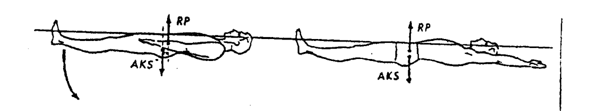
وجدير بالذكر بعد تناولنا مقدار واتجاه قوتى كل من الماء والهواء بالشرح يتحتم علينا التعرض لموضع نقطة تأثير كل منهما، حيث تعتبر مقاومة التيار ضغطا على السطح بما

يمكن معه التعويض عن تأثير هذا الضغط بقوة مؤثرة على مركز هذا السطح، وذلك عندما يكون الضغط موزعا بالتساوى على مسطح المواجهة، وفى الحقيقة تعتبر هذه النقطة هى نقطة التأثير التى نبحث عنها والخاصة بقوة الهواء أو قوة الماء.

أما فى حالة عدم توزيع هذا الضغط بالتساوى على مسطح المواجهة، وكذلك عندما يكون شكل الجسم غير مستويا هندسيا، كجسم الإنسان مثلا، فإن الفرد لايستطيع تحديد نقطة التأثير نظريا بشكل مسبق، وذلك ما دفع المهتمين بعلوم الطيران الى العمل على التوصل إلى معرفة عزم قوة الهواء داخل القناة الهوائية بمعرفة محور مائل معين للجسم، ثم يقومون بعد ذلك بحساب طول ذراع الرافعة كى يتوصلوا إلى معرفة نقطة التأثير، ووفقا لهذه الطريقة يمكن فى حالة جسم الإنسان أيضا التعرف على نقطة تأثير قوة الهواء وبالمثل قوة الماء.

ففى حالة السباح تكون نقطة تأثير قوة الماء هامة بالنسبة لوضع الماء، وكل من يأخذ وضعا ثابتا يستلقى فيه الجسم ممتدا فوق الماء يعرف أن القدمين ينجذبان دائما لأسفل شكل (٦٧) وفى مثل هذا الوضع ينشأ عزم دوران، وذلك لأن كلا من الدفع الاستاتيكى والجاذبية الأرضية لايؤثران فى خط واحد، حيث تؤثر قوة الجاذبية الأرضية عند مركز ثقل الجسم، بينما يؤثر الدفع الاستاتيكى عند نقطة منتصف الحجم الخاصة بكمية الماء المزاح، ولا يتطابق النقطتان إلا عندما يكون الجسم ذا كثافة ثابتة. أما بالنسبة لجسم الإنسان فإن مركز ثقل كتلته يقع فى الجزء العلوى من الجسم بسبب التجاويف الموجودة به، وعلى مسافة قليلة ـ فى اتجاه القدمين ـ من نقطة منتصف الحجم، وتنشأ نتيجة للحركة المتصلة، قوة تيار تحدث عزما مضادا للدوران نتيجة لنقطة تأثيرها مما ينشأ عنه فى زاوية معينة اتزان لوضع الماء، ويلاحظ أن نقطة التأثير الخاصة به تقع عند نقطة تبعد قليل فى اتجاه القدمين من مركز ثقل كتلة الجسم. ويرجع اتخاذ نقطة التأثير لهذا الوضع بشكل خاص الى حجم واتجاه حركة الساقين، مثال ذلك الحركة الخاصة بسباحة الزحف على البطن يجب أن تكون أقل من ذلك، وفى حالة زيادة السرعة بصورة كبيرة (سرعة تيار هواء أكبر من ١٠٠م/ث) فإن العلاقة يجب أن تكون أكبر من التربيع. ويجب عند إجراء التحليل فى الميكانيكا الحيوية أن

تضع فى الاعتبار أهمية لقوة الماء فى جميع الحالات بينما فى حالات السرعات المنخفضة يكون من الممكن التغاضى عن قوة الهواء. ويلعب شكل الجسم وزاوية تعرضه للتيارات دورا هاما، فى تحديد اتجاهات قوى المقاومة الناتجة عن ذلك.



شكل (٦٧) وضع مركز ثقل كتلة الجسم ونقطة منتصف الجسم
عند اتخاذ جسم الإنسان الأوضاع المختلفة فى الماء (عن دنسكوى)

الفصل العاشر

دراسة الحركة الرياضية

١ ـ طرق ووسائل دراسة الحركة الرياضية .

٢ ـ تقييم سير الحركة الرياضية .

الفصل العاشر

دراسة الحركة الرياضية

Sport Movement Study

انطلاقا من المسلمة التى تشير إلى أن الإنسان يعتبر كآلة حية يخضع فى حركته للقوانين الطبيعية والميكانيكية تظهر أهمية استغلال الإنسان للقوانين الميكانيكية المؤثرة على أدائه الحركى عند دراسته الحركات الرياضية.

ومما لاشك فيه كما أشارت معظم الدراسات التى تناولت الأداء الحركى أن هذه القوانين الميكانيكية تأتى بثمارها إذا ما نفذت بطريقة يتحقق معها التوافق فى الأداء، ولكى يتم ذلك لابد من فهم العناصر الميكانيكية المؤثرة فى الأداء الحركى وأيها يصلح استخدامه حتى يمكن الاستفادة منها لتحقيق الواجب الحركى بتوافق تام. ولكى نتمكن من تحديد هذه العناصر الميكانيكية المؤثرة فى الأداء الحركى بطريقة علمية يجدر بنا التنويه إلى ضرورة التعرف على طرق ووسائل دراسة الحركة الرياضية.

١ ـ طرق ووسائل دراسة الحركة الرياضية : Sport Movement Methodology

يبحث علم الميكانيكا الحيوية فى الأداء الحركى للإنسان والحيوان أو يدرس فيه الحركة التى يقوم بها، ويسعى هذا العلم فى الميدان الرياضى إلى دراسة منحنى الخصائص للمسار الحركى للمهارة الرياضية سعيا وراء تحسين التكنيك الرياضى بهدف تصحيحه وتطويره وفقا لأحدث النظريات العلمية للتدريب الرياضى. لذا يلجأ العاملون فى مجال الميكانيكا الحيوية للحركات الرياضية إلى استخدام طرق ووسائل التقويم المناسبة لدراسة الحركات الميكانيكية التى يؤديها الإنسان أو الحيوان مع مراعاة خصائص تلك الحركات وشروط أجهزتها الحركية التى تعتمد على العوامل البيولوجية للأعضاء من الناحية الوظيفية.

وبالرغم من أن الاتجاه الحديث للتقويم فى مجال الميكانيكا الحيوية ينحو نحو التقويم الموضوعى إلا أنه فى بعض الأحيان عندما يتعلق الأمر بتقويم الحركات الرياضية بطريقة سريعة وبهدف ترتيب اللاعبين كما يحدث فى بطولات الجمباز والغطس، والتمرينات الفنية والباليه، والرقص والعروض الرياضية يلجأ المتخصصون

إلى استخدام طريقة التقويم الذاتى والتى يتم حبكها بشروط وتعليمات دقيقة بهدف رفع موضوعيتها. ويرتبط التقويم الذاتى فى مجال الميكانيكا الحيوية بطريقة المحلفين بينما يرتبط التقويم الموضوعى بطريقة التحليل الحركى.

أ - طريقة المحلفين : *The Judge Methnod*

تتلخص هذه الطريقة فى تعيين عدد من المحلفين أو الخبراء أو الحكام يؤخذ رأى كل منهم فى مستوى الأداء الحركى للمهارة الرياضية المراد تقويمها وفق محددات وتعليمات وإرشادات قانون اللعبة وتجمع درجات المحلفين وتقسم على عددهم والمتوسط الناتج يعتبر درجة تقويم مستوى الأداء الحركى للمهارة.

ويحدد عدد المحلفين وفق تعليمات وإرشادات القانون الدولى للنشاط الرياضى التابع له المهارة المراد تقويمها أو دراستها، ففى الجمباز على سبيل المثال نجد أن طريقة المحلفين المستخدمة فى الحكم على مستوى أداء اللاعبين تتلخص فى تعيين خمسة حكام من قائمة الحكام المعتمدين بالاتحاد المصرى للجمباز على كل جهاز وتختار اللجنة الفنية أحدهم بالاسم رئيسا على الحكام الأربعة الآخرين الذين يعبر كل منهم عن رأيه فى الأداء الحركى للاعب الجمباز بالدرجات التى تتراجع مابين صفر، ١٠ درجات حيث يتم حذف أعلى درجة ويؤخذ متوسط الدرجتين المتوسطتين حيث يعبر هذا المتوسط عن الدرجة النهائية التى حصل عليها اللاعب، ويبنى رأى الحكام الأربعة حسب تعليمات وإرشادات القانون الدولى للجمباز.

ب - طريقة التحليل الحركى *The Analysis Method*

* مفهوم التحليل الحركى

يقصد بلفظ تحليل فى المجالات المختلفة للمعرفة الإنسانية أنه الوسيلة المنطقية التى يجرى بمقتضاها تناول الظاهرة موضع الدراسة بعد تجزئتها إلى عناصرها الأولية الأساسية المكونة لها، حيث تبحث هذه العناصر الأولية كل على حده تحقيقا لفهم أعمق للظاهرة ككل.

وانطلاقا من هذا المفهوم لمدلول (تحليل) يمكن عند دراسة الحركة الإنسانية أن يكون التحليل تشريحيا أو فسيولوجيا أو كميائيا أو نفسيا أو تربويا أو ميكانيكا - وينبغى أن يوضع

فى الاعتبار أن ورود تجزئية الظاهرة هنا ليست هدف فى حد ذاته وإنما وسيلة لإمكان الوصول إلى الإدراك الشمولى للظاهرة ككل ـ خاصة إذا كانت ظاهرة حركة الكائن الحى ـ والذى لايمكن تحقيقه إلا من خلال تجميع الأجزاء والعناصر فى وحدة متكاملة .

وترتبط طريقة التحليل الحركى بالطريقتين الخاصتين بالتعرف على الميكانيكا وهما الطريقة الكينماتيكية والطريقة الديناميكية، لذا فإن المرء يعرف نوعين من طرق التحليل الحركى هما :

أ ـ طريقة التحليل البيوكينماتيكية للمهارات الحركية .

ب ـ طريقة التحليل البيوديناميكية للمهارات الحركية .

(أ) طريقة التحليل البيوكينماتيكية للمهارات الحركية :

تهتم طريقة التحليل البيوكينماتيكية للمهارات الحركية بتوضيح ووصف أنواع الحركات المختلفة، عن طريق استخدام المدلولات الخاصة بالسرعة والعجلة التى وضعت على أساس من قياسات المسافة والزمن وتستخدم فى سبيل تحقيق ذلك عدة وسائل منها مايلى :

* القياس اللحظى بواسطة الخلايا الضوئية	**Electronic Stroboscopic**
* جهاز ضبط الزمن	**Cronograph**
* التصوير بالأثر الضوئى	**Chronophotography**
* تصوير النبضات الضوئية (فوتوجرافيا)	**Cyclogrametery**
* جهاز تسجيل السرعة	**Speedograph**
* التصوير السينمائى	**Cinematography**
* التصوير الدائرى	**Chrono Cyclography**
* القياس اللحظى بواسطة الخلايا الضوئية	**Electronic Stroboscopic**
* التصوير بالفيديو	**Videography**

*** القياس اللحظى بواسطة الخلايا الضوئية : Electronic Stroboscopic**

يعتمد أساسا هذا القياس على قطع اللاعب لمسار ضوء عند احتجازه بجسمه حاجزا من هذه الحواجز الضوئية مهما تضاءل زمن القطع وذلك عن طريق خلايا ضوئية ـ

تنصيف العنصر الضوئى - ويستخدم فى الحواجز غالبا خاصية تغيير قوة التيار الضوئى كنبضة إيقاف فقط بالنسبة لساعة الإيقاف الكهربائية، لذا يستخدم حاجزين بوضع أولهما عند أول مسافة القياس لتشغيل الساعة عند البدء، ويوضع الآخر عند النهاية لإيقاف الساعة للانتهاء. إلا أن التيار الفوتوجرافى يكون أضعف من أن يقدر على إيقاف الساعة الكهربائية بشكل مباشر، لذلك يتم تقوية التيار الكترونيا حتى يستطيع تحريك صمام ساعة الإيقاف ميكانيكيا ليقوم بدوره بتشغيل الساعة وإيقافها.

ويفضل بالنسبة للأزمنة الصغيرة المراد قياسها، (أو. ثانية على الأقل) استخدام ساعات إيقاف الكترونية، ولضمان الدقة فى قراءة القيم المقاسة تستخدم ساعة رقمية، وفى حالة استخدام مثل هذه الساعات الرقمية التى تبلغ دقتها (± ١ ٠ ٠ ٠ ٠, ٠ ث) ويمكن قياس مسافة (٢متر) وسرعة قدرها ٢٥ متر/ثانية بدقة قدرها (± ٣ ٠, ٠ م/ث) وذلك إذا ما استخدمنا المعادلة ($ع_م \frac{\Delta ف}{\Delta ن}$)، وهى الأساس الذى نضع به قائمة النتائج للمسافات المختلفة المراد دراستها، والخاصة بقيم Δ ن ، $ع_١$، وفى هذه الحالة نستطيع استخراج السرعة المتوسطة بطريقة مباشرة وفقا لقياساتنا.

*** جهاز ضبط الزمن CRONOGRAPH**

ابتكر جوندلاخ Gundlach طريقة مكنته من إيجاد طول الخطوة الواحدة ومقدار زمنها وفق ما يلى:

زمن الخطوة الكاملة مقاسا بالثانية	$ن_خ$
زمن مرحلة الارتكاز مقاسابالثانية	$ن_ك$
زمن مرحلة الطيران مقاسا بالثانية	$ن_ط$

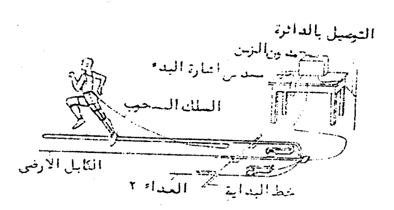
ومن مقدار الزمن يمكننا استخراج تردد الخطوة (د) محسوبة ب (١/ث) وبمعرفة الخطوة الواحدة نستطيع التوصل إلى معرفة سرعة العدو التى يرمز لها بالرمز (ع)، فإذا كانت (ل) ترمز لطول الخطوة الواحدة مقاسة بالمتر (م)، فإنه يمكن تطبيق المعادلة التالية فى هذه الحالة.

$$ع = ل \;.\; د \quad \text{التمييز} \left(م \;.\; \frac{أ}{ث} = \frac{م}{ث} \right) \;\ldots\ldots\ldots\ldots\; (٤٥)$$

أما فى ما عدا ذلك فإن المقادير الزمنية التالية كافية كشرط أساسى :

$ن_{خ} = ن_{ت} + ن_{ط}$

أما أثناء العدو فإن العداء يسحب من خلفه سلكا من أسلاك الكهرباء معزولا من طرف واحد، على أن يكون هذا السلك مثبتا من الطرف الآخر فى جهاز ضبط الزمن الكاتب (مدون الزمن)، أما عند الطرف الآخر المنتهى بالعداء فإن السلك يكون مثبتا بمسامير حذاء الجرى - يثبت السلك فى حزام مثبت على ظهر العداء، ومن هذا المكان يتفرع هذا السلك إلى فرعين يمتدان إلى أسفل بطول الساقين حتى يصلا إلى القاعدة المعدنية المثبتة أسفل الحذاء على أن تكون هذه القاعدة المعدنية ملامسة تماما لمسامير حذاء الجرى - ويراعى ذر محلول ملحى على طريق العدو ليكون طبقة رقيقة تسمح بوجود وسط موصل جيد للكهرباء، مع مراعاة توصيل الطرف الآخر للسلك بجهاز مدون الزمن كما فى شكل (٦٨) (٦ : ٢٥٣).



شكل (٦٨) جهاز قياس طول الخطوة (عن جوندلاخ)

وفى مرحلة الارتكاز تغلق الدائرة وتفتح مرة أخرى بمجرد عدم ملامسة مسامير حذاء الجرى للأرض أى فى مرحلة الطيران، وفى داخل جهاز تدوين الزمن ويقوم محرك - موتور مثبت به ترس دائرى بأرقام ثابتة - يتحرك شريط من الورق بسرعة منتظمة قدرها واحد م/ث تماما، وعند وصل التيار ينتقل القلم من وضعه قليلا، بفعل المغناطيس المتولد من الكهرباء، وعند فصله يعود القلم المثبت فى المدون إلى مكانه مرة أخرى. ولتقييم الرسم البيانى يتحتم القيام بقياس أطوال الخطوات وذلك بوضع متر

على هيئة شريط تقرأ عليه تلك الأطوال مسترشدين بالأثر الذى تحدده مسامير حذاء الجرى على المضمار أو يمكن استخدام منضدة خاصة بالقياس ليسهل عمليا الحساب بطريقة مباشرة، ومن الممكن حساب جميع البيانات والأرقام التى تحتاج إليها من الرسم البيانى باستخدام مساطر خاصة، ولتقييم تلك البيانات تقوم بالتعويض عن كل من (ع، ل، د) على المسافة (ف) ويمكننا الاستفادة بطريقة البحث التى وضعها جوندلاخ بإجراء التجربة على عداءين فى نفس الوقت مع مراعاة أنه من الأنسب فى هذه الحالة استخدام لونين مختلفين فى الكتابة.

* التصوير بالأثر الضوئى :Chronophotography

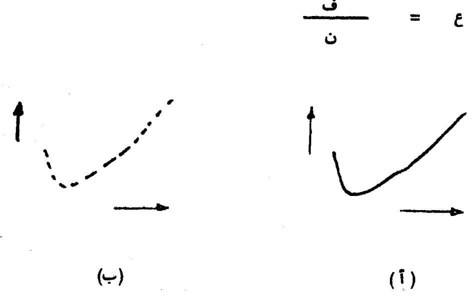
يتطلب التصوير بالأثر الضوئى تحديد نقط الجسم المراد تحديدها عن طريق لمبات كهربية صغيرة، . ثم يقوم الفرد بتصوير مسار الحركة باستخدام آلة تصوير ثابتة مزودة بجهاز إيقاف زمنى للصور، حيث يتم تصوير كل صورة، عندما تكون شدة إضاءة المجال المحيط صغيرة، وتتضح لنا مسارات الحركة لنقط الجسم المحددة فوق الصورة على هيئة أثر ذى لون أبيض، وينتج عن طول زمن الإضاءة، أن تصبح الخلفية واضحة أيضا رغم قلة شدة الضوء، ويتيح ذلك للفرد تحديد العلاقات الدالة على مسار الحركة فى خلفية الصورة والتمكن من استخدامها لإجراء عمليات القياس.

ويمكن استخدام مرايا مقعرة عوضا عن اللمبات الكهربائية الصغيرة، وفى هذه الحالة يتحتم تسليط ضوء كشاف على اللاعب كى تنشأ نقط ضوئية ساطعة عند بؤرة المرايا، وتكون الصورة جيدة إذا ما كان الضوء عالى الشدة بالنسبة للمجال المحيط به، وباستخدام فيلم من مادة حساسة للأشعة فوق الحمراء.

وتتميز الصور المأخوذة بطريقة الأثر الضوئى بالوضوح الكامل، عندما يضع الفرد قرص دائرى ذى ثقوب يدور بتردد منتظم أمام العدسة الشيئة لآلة التصوير مباشرة، ويظهر عن طريق ذلك أثر يتردد ظهوره بانتظام وعلى فترات متساوية على هيئة نقطة ضوئية، ويوضح الشكل (٦٩ ـ أ) مسار اليد الدافعة للجلة والمأخوذة بطريقة الأثر الضوئى العادى، بينما يبين الشكل (٦٩ ـ ب) الصورة المأخوذة لنفس اليد الدافعة للجلة والمأخوذة بطريقة وضع قرص مثقوب يدور بطريقة منتظمة، ومن بيانات

الصورة المأخوذة شكل (أ) يمكن للفرد حساب العلاقة بين السرعة والزمن على مراحل وفقا لمقياس الرسم الخاص بالشكل، يقوم الفرد بقياس فروق المسافات كل منه على حده ويكون لكل مرحلة نتيجتها على النحو التالى :

$$ع = \frac{ف}{ن}$$



(ب) (أ)

شكل (٦٩) الصور المأخوذة بطريقة الأثر الضوئى لليد الدافعة للجلة

ويمكن أن يصبح الفرق الزمنى (Δ ن) صغير جدا إذا زادت مرات الدوران بما يتلاءم مع هذا الأمر لدرجة يصبح معها مسار السرعة بالنسبة للزمن شديد الدقة، وعندما يكون التردد (د) ثابتا، فإن (Δ ن) يصبح ثابته ويقوم الفرد بحساب الفرق الزمنى وفقا للمعادلة ($Δ ن = \frac{١}{د}$)، إلا أنه لايجوز اختيار فارق زمنى (Δ ن) شديد الصغر، وإلا فإن الخطأ الناشيء عن ذلك يكون ذا أثر كبير عند قياس فروق المسافة .

※ تصوير النبضات الضوئية (فوتوجرافيا) Cyclogrametery

قام جوت فورت Guttfurt بتطوير طريقة التصوير بمساعدة مصدر ضوئى يبعث إشعاعات على شكل نبضات ضوئية قصيرة، حيث تمكن من تثبيت المصدر الضوئى باللاعب كما هو الحال عند التصوير بطريقة الأثر الضوئى عند النقطة التى تحددها بجسم اللاعب، ويقوم جهاز الكترونى بإصدار النبضات الضوئية القصيرة، ويحمل اللاعب هذا الجهاز مثبتا على جسمه بما يحتويه من جزء خاص بتوليد الكهرباء، وهو خفيف الوزن ولا يتطلب مساحة كبيرة .

ويتمتع التردد الناتج عن النبضات الضوئية بدرجة عالية من الثبات لدرجة يتوفر معها وجود فترات بينية زمنية دقيقة، قدرها (Δ ن)، عندما يتمكن الفرد من تكوين أثر ضوئى على هيئة نقط بقدر الإمكان حتى يتمكن من تحديد مسافات بينية على درجة عالية من الدقة قدرها (Δ ف)، ولا يمثل الزمن الخاص بإضاءة المصدر الضوئى (Δ١ ن$_1$) سوى جزء صغير من الفترة الزمنية (Δ ن)، ويتطلب هذا توفر ارتفاع تدريجى وهبوط تدريجى شديدين بالنسبة لدرجة إضاءة المصدر الضوئى، وعن طريق هذه الدرجة العالية من الدقة المتوفرة فى الشكل الخاص بالنقاط الضوئية الواضحة للصور يمكننا اختيار فترات ومسافات بينية متناهية الصغر (تردد نبض عال).

ويتم تقييم الصور المأخوذة بطريقة النبض الضوئى بشكل نصف آلى لاستخدام جهاز استيكوميتر Stecometer ويتم إحضار النقط الضوئية على منضدة قياس لتغطية كل منها على حده، وذلك بالاستعانة بجهاز تكبير ذى شعيرات متعاهدة للتغطية.

وتتم هذه الخطوة الخارجية بطريقة يدوية عن طريق تشغيل عجلات، وبعد أن يتم التطابق التام بين كل من الشعيرة المتعامدة والنقطة الضوئية، (التحكم بالعين المجردة)، يتم تحديد كل من قيمتى الاحداثيين (س، ص) الخاصين بالنقط الضوئية الجارى فحصها عن طريق تشغيل مفتاح كهربائى أتوماتيكى باستخدام القدم، ومن الممكن تسجيل قيم الاحداثيات فورا بالكتابة، أو تحويلها إلى ثقوب يمكن استقراؤها بالآلات الحاسبة.

ويعيب هذه الطريقة عدم إمكان تعميمها فى الأنشطة الرياضية لأنه فى بعض الأنشطة الرياضية مثل الجمباز يتعذر على اللاعب حمل جهاز توليد النبضات الضوئية مثبتا على جسمه، بالإضافة إلى حتمية توفر مجال محيط قليل الإضاءة، ولذلك فإنه من المتعذر الحصول على الصور فى الضوء العادى للنهار فى الأماكن المفتوحة.

*** جهاز تسجيل السرعة *Speedograph***

تمكن ابلاكوف Eblakuf من تطوير جهاز خاص بتسجيل السرعة -Speedog raph لخدمة التدريب على العدو، وتدريبات الوثبت فى ألعاب القوى، بحيث يقوم العداء أو الواثب بجذب خيط من مادة كيمائية أثناء الجرى من اسطوانة،

وبذلك تكون سرعة محيط الاسطوانة مساوية لسرعة الجرى ويقاس عدد مرات دوران الاسطوانة وفقا لقاعدة عداد سرعة الدوران وتسجيلها على شريط من الورق المثبت فوق الاسطوانة، يحصل الفرد على سرعة العدو أثناء قطع المسافة، ويلاحظ أن سرعة العدو تتناسب تماما مع عدد مرات دوران الاسطوانة، وذلك لأن هناك وضعا معينا للخيط فوق الاسطوانة، مما يجعل محيط الاسطوانة ثابت القيمة دائما ويكون ذلك كما يلى:

$$ع = \frac{ط \times د}{٦٠} \times أ \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٤٦)$$

حيث ع = سرعة العدو ، أ = عدد مرات دوران الاسطوانة محسوبا بـ $\frac{١٠}{دقيقة}$

د = مقطع الاسطوانة محسوبا بالمتر، ط = النسبة التقريبية.

* التصوير السينمائى Cinematograph

تطور فى العوام الأخيرة التصوير السينمائى فى المجال العلمى باستخدام أداة التصوير السينمائية ذات الدقة العالية فى السرعات بالإضافة إلى التطور الكبير الذى طرأ على وسائل التحميض، وقد استفاد العمل العلمى من هذا التطور وخاصة فى ميدان الميكانيكا الحيوية حيث أصبح من المستطاع استخدام آلات التصوير السينمائى فى تصوير أعداد كبيرة من الصور السينمائية فى وحدات زمنية صغيرة، بحيث أصبحت المسافة بين وضع الجسم من صورة إلى أخرى متناهية فى الصغر (د ف) وكذلك الفترة الزمنية لحدوث هذه الحركة للجسم أصبحت أيضا متناهية فى الصغر (د ن).

إجراءات تنظيم عملية التصوير السينمائى:

تتطلب إجراءات تنظيم عملية التصوير السينمائى ما يلى:

أولاً: الأجهزة والمعدات :

١ ـ آلة تصوير سينمائية ٨ مم أو ١٦ مم ذات سرعات متعددة تعمل بمصدر كهربائى.

٢ـ حامل ثلاثى لآلة التصوير السينمائية.

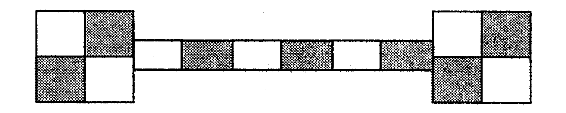
٣ ـ افلام خام ذات حساسية مناسبة لنوع ومكان ووقت التصوير.

٤ ـ علامات إرشادية ضابطة تحدد خلفية الصور كما فى شكل (٧٠)



شكل (٧٠) العلامات الإرشادية الضابطة

٥ ـ عارضة قياس مقسمة بدقة لتحديد مقياس الرسم عند تحليل الصور كما فى شكل (٧١)



شكل (٧١) عارضة تحديد مقياس الرسم

٦ـ شريط قياس صلب لتحديد أبعاد التصوير.

٧ـ خيط فى نهايته مسمار يثبت أسفل حامل آلة التصوير السينمائية.

٨ـ ميزان مائى.

٩ـ مثلث كبير لرسم الخطوط المتعامدة.

١٠ـ شريط من البلاستر اللزج (الوان) لتعليم مراكز مفاصل الجسم.

١١ـ مقص.

١٢ـ جهاز قياس شدة الإضاءة لتحديد فتحة العدسة المناسبة لسرعة التردد المستخدمة فى آلة التصوير فى حالة عدم وجود هذا الجهاز بآلة التصوير السينمائية.

١٣ـ ساعة الكترونية كبيرة ($\frac{١}{١٠٠٠}$ ، $\frac{١}{١٠}$ من الثانية) توضع فى مجال التصوير ـ يرجع إليها من حساب الزمن فى حالة عدم معايرة آلة التصوير .

١٤ـ لوحات مرقمة لتحديد ترتيب المحاولات أثناء التصوير .

١٥ـ الأدوات أو الأجهزة الخاصة بالمسابقة الرياضية المقرر تصوير اللاعبين خلال أدائها .

١٦ـ عدد ٤ مصادر إضاءة قوة كل منها ١٠٠٠ ك . و لاستخدامها فى حالة إجراء التصوير داخل صالات التدريب .

١٧ـ ستارة من القماش الأسود على شكل مربع طول ضلعه ٤ أمتار لاستخدامها كخلفية عند التصوير .

ثانياً: اعداد مكان التصوير :

يتم إعداد مكان التصوير وفق الخطوات التالية :

١ـ تحديد المجال الذى سيتم فيه التصوير ، ومكان الهدف المراد تصويره سواء كان على الأرض أو على جهاز (مثل جهاز المتوازيين أو العقلة أو الحصان أو الحلق أو القفز بالزانة أو الغطس . . . الخ) .

٢ـ توضع الستارة السوداء (الخلفية) خلف الغرض المراد تصويره بحيث يكون الغرض فى منتصفها مع ملاحظة تثبيتها .

٣ ـ توضع العلامات الإرشادية الضابطة فى خلفية مجال التصوير وفى مجال الحركة بالضبط .

٤ ـ توزيع مصادر الإضاءة على أركان مجال التصوير فى حالة ما إذا تم التصوير فى صالة مغلقة مع ملاحظة توزيع شدة الإضاءة على الهدف بصورة تظهره بوضوح .

٥ ـ التأكد من عدم وجود أى انحرافات فى مكان التصوير ويتم ذلك باستخدام الميزان المائى .

ثالثاً : إعداد وضع آلة التصوير :

١ ـ تأكد من أن آلة التصوير تعمل .

٢ ـ تأكد من أن آلة التصوير قد ضبطت على السرعة المطلوب استخدامها فى التصوير بعد معايرتها.

٣ ـ ضع الفيلم فى آلة التصوير وتأكد من وضعه الصحيح فيها وذلك بتشغيلها لمدة ثانية أو ثانيتين.

٤ ـ ضع آلة التصوير على حامل التصوير الثلاثى.

٥ ـ تأكد من عدم وجود أى انحراف أو تغيير فى مستوى آلة التصوير وذلك باستخدام الميزان المائى.

٦ ـ تأكد من أن المحور البصرى المار من بؤرة عدسة آلة التصوير عدسة التصوير فى مستوى الغرض المرصود، فإذا كان الغرض المرصود هو الشخص، فيجب أن تكون عدسة آلة التصوير فى مستوى حوض الشخص وعمودية على منتصف المسافة بين مفصلى الفخذين بينما تكون عدسة آلة التصوير فى مستوى ارتفاع الجهاز الذى يتم عليه أداء المهارة وعمودية على نقطة اتصال اللاعب بالجهاز (نقطة التعلق أو الارتكاز) من أحد الجانبين إذا كان التصوير سوف يتم على المحور الأفقى وتحقق بقياس المسافة بين عدسة آلة التصوير والأرض بخيط أو بالشريط ومطابقتها بارتفاع الجهاز.

٧ ـ فى حالة تصوير الحركة على المحور الرأسى تتبع ما جاء فى البندين (٣ : ٦) مع ملاحظة أن تكون آلة التصوير عمودية على المستوى الأفقى بمعنى أن يكون المحور الرأسى لعدسة آلة التصوير موازى للمحور الرأسى لمسار الحركة.

٨ ـ فى حالة تصوير المسار حول المحورين الرأسى والأفقى ينفذ ما جاء فى البندين (٦ ، ٧) مع ملاحظة إجراء تشغيل آلتى التصوير فى تزامن واحد، بمعنى التحكم فى تشغيل آلتى التصوير بمصدر كهربائى واحد.

٩ ـ لضمان عدم حدوث انحراف أو تغيير عند إعادة الصور مرة أخرى بعد تصويرها، يجب إلى جانب جعل المحور البصرى لآلة التصوير عموديا على مستوى الحركة أن تكون زاوية الصورة متناهية فى الصغر، ويمكن تحقيق ذلك عن طريق التصوير من مسافات كبيرة باستخدام عدسات مقربة بالإضافة إلى جعل الزاوية دائما قائمة تقريباً.

رابعاً: تجهيز اللاعب للتصوير:

١ ـ يجب أن يرتدى اللاعب الملابس الرياضية المستخدمة، بحيث تكون ملتصقة بالجسم تماما أو أن يتحرر من ملابسه، فيما عدا لباس بحر أو شورت قصير مناسب.

٢ ـ يراعى أن يكون هناك تباينا بين لون الملابس الرياضية التى يرتديها اللاعب وبين لون خلفية التصوير، فإذا كانت خلفية التصوير سوداء يفضل أن يكون لون ملابس اللاعب بيضاء والعكس صحيح. كما يجب أن يتحقق هذا التباين فى اللون أيضا بين الجهاز أو الأداة وكل من الملابس والخلفية، وذلك لتسهيل عملية نقل النموذج التخطيطى للأوضاع التى يمر بها اللاعب خلال المسار الحركى والتى سوف تحدد كنقاط للدراسة فيما بعد.

٣ ـ توضع علامات واضحة على شكل (×) أو نقطة كبيرة (●) على النقط التشريحية لمفاصل جسم اللاعب المواجهة لعدسة التصوير ويتحقق ذلك بلصق شريط من البلاستيك اللزج بإحدى الشكلين السابقين تحديدهما على النقط التشريحية للمفاصل بحيث يكون طول الشريط الملتصق من ١ سم : ١,٥ سم كما يراعى أن أماكن النقاط التشريحية لمفاصل الجسم تحدد كما يلى:

- توجد النقطة الممثلة لمسقط مركز ثقل كتلة الرأس فوق الحافة العليا الوحشية للفتحة السمعية.
- مركز مفصل الكتف تمثله نقطة على النتوء الآخرومى لعظم اللوح.
- مسقط مفصل المرفق تمثله نقطة فوق العقدة الوحشية لعظم العضد lateral Epi-condyle.
- مسقط مركز مفصل رسخ اليد تمثله نقطة على نتوء عظم الكعبرة PROCESSUS STYLOIDEUS.
- مسقط مركز مفصل الفخذ تمثله نقطة على المدور الكبير لرأس عظم الفخذ.
- مسقط مركز مفصل الركبة تمثله نقطة أعلى العقدة الوحشية لنهاية عظم الفخذ من أسفل.
- مسقطة مركز مفصل رسغ القدم تمثله نقطة على الكعب الوحشى لعظم الشظية.

وفى حالة تصوير الحركات ذات المدى الواسع، فإنه يجرى استبدال العلامات الصغيرة للبلاستير اللزج بوضع أشرطة من البلاستر تحيط بالوصلات عند مستوى مركز ثقلها.

- يجب مراعاة عند تصوير الحركات الرياضية التى تستخدم فيها أداة (جلة - قرص، رفع الأثقال... الخ)، أن تضاف علامة تحدد مركز ثقل هذه الأداة.

خامساً - إجراء عملية التصوير:

بعد الانتهاء من الإجراءات السابقة فى البنود أولا، ثانيا، ثالثا، يتم التصوير وتسجيل جميع البيانات المتعلقة بكل محاولة فى الاستمارة الخاصة بها والموضحة فيما يلى:

استمارة تسجيل بيانات التصوير

الهدف .... التاريخ ....

الدارس .... الحركة ....

زمن البداية .... الزمن الكلى ....

زمن العرض............... العدسة .... الحاجز/ البؤرى ....

حالة الإضاءة ....

فنية الإضاءة (النوع والعدد) ....

الخلفية ....

علامات الرجوع ....

المطابقة ....

....

معايرة سرعة آلة التصوير ....

ارتفاع آلة التصوير ...... بعد آلة التصوير عن الهدف ....

مقياس الفيلم ....

الموضوعات(العدد، علامات المفاصل.... الخ) ....

تكرار الفيلم (الهيكل) أمر التصوير . . . . . الخ)

التعليق :

*** طرق تحديد مركز ثقل الجسم :**

لكى يتمكن الفرد من تحديد التغير فى مكان كتلة جسم الإنسان بالنسبة للمكان والزمان بطريقة دقيقة يتحتم عليه معرفة موضع مركز ثقل كتلة الجسم بالنسبة للأوضاع المختلفة التى يتخذها جسم الإنسان بالإضافة إلى ضرورة معرفة عزم القصور الذاتى للكتلة بالنسبة لمختلف الأوضاع التى يتخذها الجسم فى حالة الحركة الدورانية .

لذا فقد شغلت الرغبة فى التوصل إلى معرفة موضع مركز ثقل كتلة جسم الإنسان الباحثين منذ زمن بعيد حيث قام الكثيرون منهم بوريللى Borilli (٦ : ٢٣١ : ٢٣٣) موسو Mosso (٤١ : ٢٠ ـ ٤٢) ، ماير Mayer ويبر Weber ، ديمنى Demeny ريشير Recher ، هاى كرافت وشين Hay Craft and sheen هارلس Harles ريشى Riesche ، شايدت Scheidt ، برون وفيشر Braune and fischer ، كنول Knoll ، ايجرزEggers ، ديبوز رايموند Du - bois Reymond (٤١ : ٢٠) بازلر Basler (٢١ : ٣٠) بإجراء وتطوير طرق البحث المختلفة لمعرفة ذلك . ويمكن تقسيم هذه الطرق إلى ما يلى :

١ ـ الطريقة المباشرة (باستخدام الجسم كوحدة واحدة)

٢ ـ الطريقة غير المباشرة (باستخدام الجسم كأجزاء).

الطريقة المباشرة:

كان بورللي (١٠ : ٣٢) أول من توصل إلى تحديد موضع ثقل الكتلة لجسم الإنسان، وللتوصل لذلك وضع شخصا في وضع الرقود على لوحة من الخشب مركزا على رأس منشور وقام بتحريك اللوح حتى حدث وضع اتزان للجسم وبذلك يكون قد أوجد خط تأثير مركز ثقل كتلة الجسم. غير أن الأمر هنا لا يتعلق بتحديد مركز ثقل كتلة جسم الشخص وحده بل بتحديد الثقل المشترك لكل من جسم الشخص والقاعدة المرتكز عليها هذا الجسم أيضا، حيث أنه عن طريق تحريك اللوح الخشبي فوق الدعامة المرتكز عليها يكون هناك مركز ثقل جسم الشخص على أحد طرفي اللوح الخشبي بينما يكون مركز ثقل اللوح موجودا عند الطرف الآخر للحافة.

وخلال القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين قام فريق من الباحثين بتطوير طريقة بوريللي حيث أجرى الأخوان فيشر تجربتهما على نفس الأسس المماثلة لطريقة بوريللي مع محاولتهما تجنب الخطأ الذى وقع فيه بوريللي، وذلك بوضع الشخص فوق قاعدة قاما سلفا بتثبيتها في وضع الاتزان مع تحريك الجسم الذى أجريا عليه تجربتها هنا وهناك، ويتضح صعوبة هذه الطريقة إذا ما تخيلنا إيجاد مركز ثقل كتلة جسم اللاعب في أوضاع متعددة وصعبة خلال أدائه مهارة مثل الدورتين الهوائيتين المتكورتين على الأرض.

لذا فقد توصل ديبوز ريموند إلى جهاز أطلق عليه اسم ميزان مركز الثقل يتكون من قاعدة مثبتة وضعت فوق حافتين ثبت أحدهما فوق ميزان من الموازين المستخدمة في وزن الأشخاص وبقدر بعد المسافة بين خط الثقل ونقطة الارتكاز للميزان، يستخرج مقدارا معينا لوزن الجسم، ووفقا لقانون الروافع، فإنه يمكن حساب تلك المسافة، ولقد أدت هذه الطريقة إلى تبسيط خطوات التجارب بشكل ملحوظ برغم من أنها لاتصلح إلا لتحديد خط الثقل فقط، أما بالنسبة لتحديد مركز ثقل جسم ما فإنه من الضرورى إيجاد ثلاثة خطوط للثقل بحيث لايجوز أن يقع أكثر من اثنين منهما على مستوى واحد، ونظرا لتمتع الأجسام بخاصية التماثل فإنه من الممكن في معظم

الأحيان الاستغناء عن خط الثقل الثالث، وقد قام بازلر باضافـــة تطويرات جديدة على ميزان مركز الثقل الخاص بريموند مستخدما فى تجاربه الكثيرة منصة مثلثة الشكل متساوية الزوايا بحيث يرتكز عند إحدى الزوايا على جسم ثابت بينما يرتكز فى زاويتيه الآخرين فوق ميزان الوزن الأشخاص وباستخدام هذا الجهاز يمكن إيجاد خطين للثقل تمثل نقطة تقاطعهما مركز ثقل الجسم.

٢ ـ الطريقة غير مباشرة :

تعتمد الطرق المستخدمة للحصول على المدلولات التى يمكن عن طريقها تحديد موضع مركز ثقل كتلة جسم الإنسان على مبدأ معرفة موضع مركز ثقل كتلة كل جزء من أجزاء جسم الإنسان كل على حدة وقد استخدم فى سبيل ذلك دراسات مختلفة منها :

أ ـ دراسة الجثث.

ب ـ دراسة غمر الأجسام.

جـ ـ دراسات رد فعل اللوح.

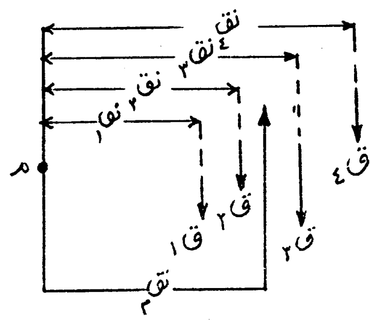
د ـ دراسات النماذج الرياضية.

هـ ـ الدراسات المتنوعة .

وفيما يلى نذكر أكثر الطرق العملية التجريبية والتحليلية انتشارا واستخداما فى تحديد موضع مركز ثقل كتلة جسم الإنسان.

١ ـ الطريقة التحليلية لتحديد موضع مركز ثقل كتلة الجسم وفق رأى كنول وايجرز :

تعتمد هذه الطريقة على قانون أفضل الأوضاع علما بأن هناك توجد حالة خاصة تتمثل فى أن القوى تتقاطع بخطوط متوازية التأثير وتنطبق على تأثيرات القوى الموضحة فى الشكل (٧٢) الشروط التالية لحدوث التوازن :



شكل (٧٢) خط الثقل وقوة الارتكاز

فإذا كان مقدار القوى (ق١ إلى ق٤) ومسافاتها العمودية (نق١ إلى نق٤) الفاصلة بينها وبين محور الدوران (م) معلومة لنا يصبح فى الإمكان معرفة (نقم) الخاصة بقوة الارتكاز (قم) عن محور الدوران، فإذا ما كان الأمر يتعلق فى حالة القوى بأوزان الأجسام فإنه فى الإمكان فى هذه الحالة معرفة خط ثقل النظام بمعلومية البعد (نق م) حيث تأخذ معادلة القوى الصورة التالية :

$$\text{نق}_{\text{م}} = \frac{\text{ق}_{١}\,\text{نق}_{١} + \text{ق}_{٢}\,\text{نق}_{٢} + \text{ق}_{٣}\,\text{نق}_{٣} + \text{ق}_{٤}\,\text{نق}_{٤}}{\text{نق م}} \qquad (\text{٤٦ ـ أ})$$

وتطبق المعادلة التالية بصفة عامة على القوى:

$$\text{نق}_{\text{م}} : \frac{\sum_{١=١}^{١=\text{ن}} \text{ق}_{١}\,\text{نق}_{١}}{\text{ق}_{١}} \qquad (\text{٤٦ ـ ب})$$

ونظرا إلى أن حاصل جميع مقادير القوى يمكن التعويض عنها بقوة كلية قدرها (قم) فإنه يمكن وضع المعادلة فى الصور التالية:

$$\text{نق}_{\text{م}} = \frac{\sum_{\text{ا}=1}^{\text{ن}} \text{ق}_{\text{ا}} \, \text{نق}_{\text{ا}}}{\text{ق}_{\text{م}}} \quad \ldots\ldots \quad (\text{٤٦ ـ جـ})$$

وهذه الطريقة يمكن استخدامها فى تحديد موضع مركز ثقل كتلة جسم اللاعب وذلك إذا كان من المعلوم لنا وضع مركز ثقل كل جزء من أجزاء الجسم على حده، وكذلك وزن الجسم، وكما سبق القول آنفا أن نتيجة للأبحاث التى أجريت على أجزاء جثث آدمية لتحديد مراكز ثقلها وأوزانها فقط تم التوصل إلى متوسطات حسابية عامة نلخصها كما فى جدول (٢):

جدول (٢) الوزن النسبى لأجزاء جسم الإنسان بالنسبة لوزن الجسم
(عن فيشر وبيرنشتاين)

أجزاء الجسم	الوزن النسبى وفق رأى فيشر	الوزن النسبى وفق رأى بير نشتاين: رجال	الوزن النسبى وفق رأى بير نشتاين: سيدات	النسبة التقريبية
الرأس	٠,٠٧٠٦	٠,٠٦٧٢	٠,٠٨١٢	٠,٠٧
الجذع	٠,٤٢٧	٠,٤٦٣	٠,٤٣٩٠	٠,٤٣
الفخذ	٠,١١٥٨	٠,٢١٢١	٠,١٢٨٩	٠,١٢
الساق	٠,٠٥٢٧	٠,٠٤٦٥	٠,٠٤٣٤	٠,٠٥
القدم	٠,٠١٧٩	٠,٠١٤٦	٠,٠١٢٩	٠,٠٢
العضد	٠,٠٣٣٦	٠,٠٢٦٥	٠,٠٢٦٠	٠,٠٣
الساعد	٠,٠٢٢٨	٠,٠١٨٢	٠,١٨٢	٠,٠٢
اليد	٠,٠٠٨٤	٠,٠٠٧٠	٠,٠٠٥٥	٠,٠١

وقد تمكن كلاوسير clauser من تحديد نسبة أوزان أجزاء الجسم بالنسبة لوزن الجسم الكلى وفق الجدول (٣) التالى:

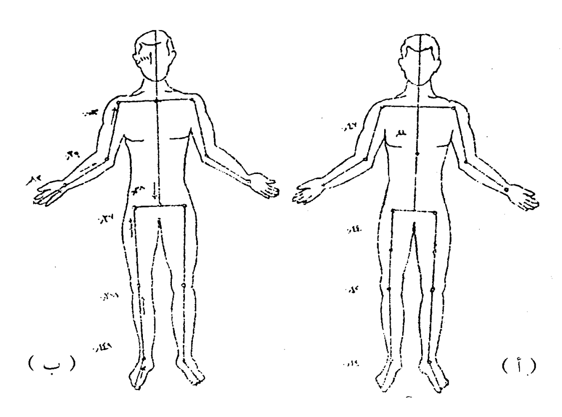
جدول (٣) الوزن النسبى لاجزاء الجسم المختلفة بالنسبة لوزن الجسم كله عن كلاوسير

اجزاء الجسم	الرأس	الجذع	العضد	الساعد	اليد	الفخذ	الساق	القدم
الوزن النسبى	٠,٠٧٣	٠,٥٠٧	٠,٠٢٦	٠,٠١٦	٠,٠٠٧	٠,١٠٣	٠,٠٤٣	٠,٠١٥

كما أمكن التوصل إلى أن مركز ثقل الأطراف تقع على محاورها الطولية تماما بينما المسافة الخاصة بمركز ثقل كتلة الجسم فتؤخذ من المفصل العلوى والتى تعتبر كنصف قطر الحركة وهى فى نفس الوقت علاقة ثابتة بالنسبة للطول الكلى للعضو كما فى شكل (٧٦) أما مركز ثقل الجذع فإنه يقع على الجزء الموضح فى شكل (٧٦) أى فى المسافة التى بين المحور العرضى لمفصلى الكتفين ومفصلى الفخذين وتعتبر المسافة بين المحور العرضى لمفصلى الكتفين وبين مركز الثقل فى هذه الحالة بمثابة نصف قطر حركة مركز الثقل أما بالنسبة للرأس فإن مركز الثقل يقع خلف عظم الخابور. كما تمكن كلاوسير من تحديد موضع مركز ثقل كتلة كل جزء من أجزاء الجسم على حدة وفق الجدول (٤) التالى :

جدول (٤) نسبة أنصاف أقطار مراكز ثقل كل جزء من أجزاء جسم الإنسان بالنسبة لطول محاورها الطولية (عن كلاوسير)

أجزاء الجسم	نسبة أنصاف أقطار مراكز ثقل كل جزء من أجزاء الجسم على المحور الطولى للجزء
الرأس	٤٦,٤٪ عن قمة الرأس أو ٥٣,٦٪ عن تقاطع الذقن والرقبة.
الجذع	٣٨٪ عن المدور الكبير للكتف أو ٦٢٪ عن محور المعقدة.
العضد	٥١,٣٪ عن محور الكتفين أو ٤٨,٣٪ عن محور المرفقين
الساعد	٣٩٪ عن محور المرفق أو ٦١٪ عن محور الرسغ
اليد	١٨٪ عن محور الرسغ أو ٨٢٪ عن السلامية الثالثة.
الفخذ	٣٧,٢٪ عن محور المقعدة أو ٦٢,٨٪ عن محور الركبة.
الساق	٣٧,١٪ عن محور الركبة أو ٦٢,٩٪ عن محور رسغ القدم
القدم	٤٤,٩٪ عن العقب أو ٥٥,١٪ عن قمة الأصبع الأطول



شكل (٧٣) نسبة أنصاف أقطار مراكز ثقل كتلة الجسم لكل من أجزاء جسم الإنسان بالنسبة لطول محاورها الطولية (أ) عن فيشر، (ب) عن كلاوسير

لتحديد مركز ثقل كتلة الجسم بأكمله يستخدم نظام التوافق الكرتيزية وتحدده فوق الصور أو الكروكى الذى يمثل الجسم بمقياس رسم محدد ثم توضع علامات على النقطة المتوسطة للمفصل وبيان المحور الطولى لأجزاء الجسم الذى يوضح أنصاف أقطار الحركة لمركز ثقل كتلة الجسم لكل مركز ثقل على حده ثم تقيس القيمتين الإحداثين (س، ص) الخاصتين بمراكز الثقل كل منها على حده ثم تضع هذه القيم فى صورة جدول ثم تحسب المقدار المستخرج من الوزن النسبى لأجزاء الجسم وبعد ذلك عن المحور الاحداثى (ص) وبالمثل (س) أى تحسب العزوم الخاصة بمراكز ثقل أجزاء الجسم بارتباطها بالمحور الإحداثى المعلوم كنقطة دوران وحتى يمكن حساب قيمتى الإحداثيين سم، صم باستخدام المعادلة والخاصتين بمراكز الثقل المشترك لجميع أجزاء الجسم توجد قيم (ص)، (س) منفصلين ونظرا إلى أن الوزن الكلى يكون له قيمة واحدة وعلما بأن من الضرورى وفقا للمعادلة (٤٦ ـ أ) قسمة قيمة العزوم على الوزن الكلى فإن قيم (ص) ، (س) يمثلان بالفعل القيمتين للإحداثيين (ص) ، (س) وهما خاصتان بمركز ثقل كتلة الجسم المشترك.

مثال: لتحديد مركز ثقل كتلة جسم اللاعب فى الصورة شكل (٧٤) باستخدام طريقة الأجزاء (الطريقة التحليلية).

يراعى اتباع الخطوات التالية :

١ ـ ضع علامة على النقاط الثابتة بالجسم كما فى الصورة شكل (٧٤).

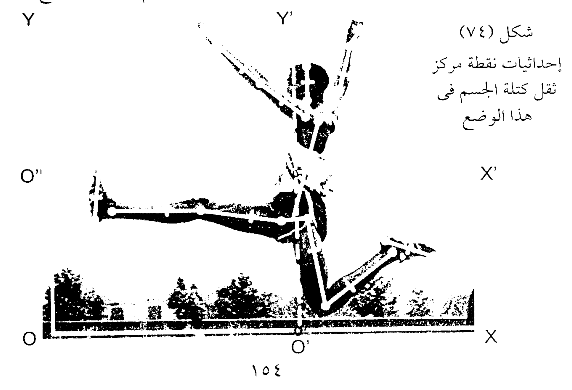
٢ ـ وصل محاور أعضاء الجسم المختلفة مع ملاحظة أن المحور الطولى للجذع هو الخط الواصل بين منتصف كل من المحور الأفقى الواصل بين مفصلى الكتفين، مفصلى الفخذين.

٣ ـ حدد طول كل محور من المحاور الطولية الخاصة بكل جزء من أجزاء الجسم وباستخدام نسب أنصاف أقطار لكلاوسير حدد موضع مركز ثقل كل عضو على حده.

٤ ـ أوجد بعد مركز ثقل كل عضو على المحور السينى، والمحور الصادى.

٥ ـ أوجد عزم مركز ثقل كل عضو من أعضاء الجسم على حده حول المحور السينى، المحور الصادى و . س، و.ص وذلك بضرب بعد مركز ثقل العضو عن المحور السينى × الوزن النسبى (عن كلاوسير) إضرب بعد مركز ثقل العضو عن المحور الصادى الوزن النسبى للعضو (عن كلاوسير).

٦ ـ أوجد مجموع نواتج ضرب بعد مركز ثقل العضو × وزنه النسبى لكل من المحور السينى والمحور الصادى حيث يصبح ذلك هو بعد مركز ثقل كتلة الجسم عن المحور السينى، المحور الصادى على التوالى (إحداثيا نقطة مركز ثقل كتلة الجسم فى هذا الوضع).



شكل (٧٤)
إحداثيات نقطة مركز ثقل كتلة الجسم فى هذا الوضع

جدول (٥) تحديد مركز ثقل كتلة الجسم فى الصورة شكل (٧٤)
باستخدام طريقة أجزاء الجسم (الطريقة التحليلية)

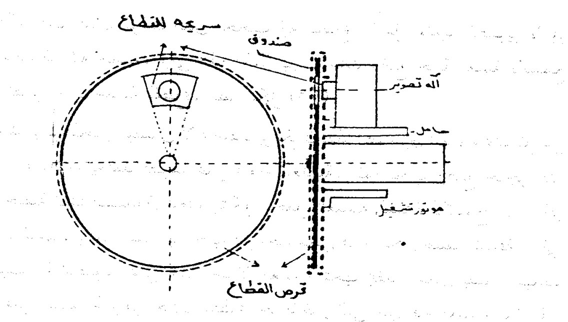
أجزاء الجسم	نسبة أوزان الجسم	العزم حول ص	العزم حول س	ص مم	العزم حول ص
الرأس	٠,٠٧٣	٦,٨	٠,٤٩٦	٦,٩	٠,٥٠٤
الجذع	٠,٥٠٧	٦,٨	٣,٤٤٨	٤,٧	٢,٣٨٣
العضد الأيمن	٠,٠٢٦	٧,٥	٠,١٩٥	٦,٣	٠,١٦٤
الساعد الأيمن	٠,٠١٦	٧,٨	٠,١٢٥	٧,١	٠,١١٤
اليد اليمنى	٠,٠٠٧	٨,٢	٠,٠٥٧	٨,٢	٠,٠٥٧
العضد الأيسر	٠,٠٢٦	٦,٢	٠,١٦١	٦,٤	٠,١٦٦
الساعد الأيسر	٠,٠١٦	٥,٢	٠,٠٨٣	٧,٣	٠,١١٧
اليد اليسرى	٠,٠٠٧	٤,٢	٠,٠٢٩	٨,٣	٠,٠٥٨
الفخذ الأيمن	٠,١٠٣	٥,٣	٠,٥٤٦	٣,٢	٠,٣٣٠
الساق الأيمن	٠,٠٤٣	٣,١	٠,١٣٣	٣,٤	٠,١٤٦
القدم اليمنى	٠,٠١٥	١,٢	٠,٠١٨	٣,٨	٠,٠٥٧
الفخذ الأيسر	٠,١٠٣	٦,٩	٠,٧١١	٢,٢	٠,٢٢٧
الساق اليسرى	٠,٠٤٣	٧,٨	٠,٣٣٥	١,٢	٠,٠٥٢
القدم اليسرى	٠,٠١٥	٩,٤	٠,١٤١	٢,٢	٠,٠٣٣
	١,٠٠٠	مجموع العزوم	= ٦,٤٧٨	مجموع العزوم	= ٤,٤٠٨

(٤٦ : ١٣٧ ، ١٣٨)

* التصوير الدائرى Chrono Cyclography

يشير كل من ريشير Richer (١٩٧٤)، هوخموث Hochmuth (١٩٧٤) بتروف Petrov (١٩٦٧) إلى ارتباط تحليل وتقويم سلسلة الصور المتتابعة المأخوذة من النموذج التخطيطى باستخدام التصوير السينمائى (مجموعة التصوير اللحظى المتسلسل) من خلال النموذج التخطيطى القياسى للحركة (الكينوجرام) بالعديد من أخطاء الضبط والتوجيه عند رسم ورصد كل صورة على حده، والتى يؤدى تجميعها التراكمى إلى التأثير على الدقة القياسية لمنحنى علاقة (المسافة - الزمن) بالإضافة إلى تطلب ذلك الكثير من الوقت والجهد سواء فى تجهيز الكينوجرام أو فى الحصول على المعطيات والنتائج منه. فى حين نجد أن التحليل والتقويم فى حالة التصوير الدائرى لايستدعى ذلك سوى دراسة صورة كلية واحدة تتزامن فيها بدقة مجموعة من اللقطات أو النقاط الضوئية المسجلة لمراحل الحركة المرصودة والتى يؤدى مجرد استعراضها إلى مدنا بمعلومات فورية سريعة عن طبيعة المسار الحركى للأداء موضوع الدراسة (نفريدف Nefred (١٩٧٢)، دونسكوى Donskoy (١٩٧١) وغيرهم. ويرى هوخموث إنه بالرغم من أن مساوىء التصوير السينمائى يمكن تلافيها فى التصوير الدائرى إلا أن الأخير يعيبه ضرورة وجود خلفية معتمة إلى جانب ضرورة ظهور الهدف المرصود بصورة مضاءة تماما - أبيض بقدر الإمكان - بالإضافة إلى أن هذا الأسلوب لايكون قابلا للاستخدام إذا كان اللاعب يغير موضعه فى الحركة كما يحدث فى الدوران حول المحور الطولى للجسم، ويعتمد التصوير الدائرى على أساس أن حركة أى جسم من الأجسام يمكن تصويرها فى فترات زمنية يثبت بعدها عن بعض (Δ ن) لعدة أوضاع متغيرة فى صورة واحدة على الفيلم الأصلى عن طريق الإضاءة والتصوير على فترات زمنية قصيرة، ويحصل الفرد على هذا باستخدام آلة تصوير عادية يدور أمام عدستها الشيئية قرص دائرى ذو ثقب يدور على محور يتردد شكل (٧٥).

(٦ : ٢٧١ - ٢٧٥)



شكل (٧٥) رسم تخطيطي لجهاز التصوير الدائرى (عن هوخموث)

ويحصل الفرد بهذا الأسلوب على صورة تعبر بدقة عن الشكل الإيضاحى للقرص المصور. ويلاحظ فى حالة ما إذا كان ثقب القرص الدائرى الحركة على شكل قطاع دائرى، فإن زمن التصوير (ن)، يمكن معرفته باستخدام المعادلة التالية:

$$ن_{ص} = \frac{١}{ع} \times \frac{\varphi}{٣٦٠}$$

حيث φ = زاوية القطاع بالدرجة فى الثانية،

ع = التردد فى $\frac{١}{\text{الثانية}}$

ويتوقف زمن التصوير على كل من زاوية القطاع والتردد، ومن المناسب فى هذه الحالة صنع هذا القرص بطريقة يمكن معها تغيير زاوية القطاع، وهكذا يستطيع الفرد أن يغير من ضبط زمن الصورة عند تغيير التردد بما يتفق وما تتطلبه ظروف الإضاءة وسرعة الحركة.

فمثلا: عندما تبلغ سرعة الحركة (١٥م/ث) أو مايزيد على ذلك، يكون من الضرورى للحصول على صور واضحة ودقيقة أن يختار الفرد (Δ ن) بحيث تساوى (١/ ٢٥٠ث) أو أقل، وبالإضافة إلى ذلك فإنه وفقا لزمن التصوير الذى تم اختياره، الإضاءة، حساسية الفيلم يكون لزاما علينا تحديد شدة الإضاءة، والتأكد من ضبط العدسة على الرقم المبين بدقة تامة.

وهكذا فإن خلال الوقت الذى يحجب فيه القطاع الكامل عدسة التصوير لا يمر أى اشاعات ضوئية جانبية، وفى هذه الحالة يجب علينا وضع خلية معتمة لاتسمح بتسرب الضوء حول عدسة القطاع، انظر شكل (٧٥).

وعند مركز المحور البصرى لآلة التصوير يكون لهذا الصندوق المعتم وعند كل من جانبيه فتحة دائرية يعتمد قطرها على زاوية العدسة، كما يجب وضع حاجز عند الفتحة الخلفية لهذا الصندوق المعتم بشكل يجعل العدسة الشيئية لاتسمح بمرور أى ضوء عند غلقها، بينما يسمح بازاحتها فى اتجاه محورها لإحكام ضبط المسافة، وفى حالة تثبيت آلة التصوير على مسار حركة معينة وفتحها بمقدار معين يصور الهدف المتحرك على الفيلم الخام من خلال القطاع الحر المختار التى تدور فيه العدسة الدائرية، وذلك عند جعل الخلفية غير مرتبطة بالشىء المصور، ووفقا للتفاضل الزمنى (Δ ن) يتم تكرار عملية التصوير هذه، حيث يكون الجسم المصور قد قام فى هذا الزمن بقطع مسافة تفاضلية معينة يرمز لها بالرمز (Δ ف) أثناء حركته المستمرة. لذلك فإن هذا الأسلوب يبين بناء على الفارق الحقيقى فى المسافة بالنسبة لبعد وضع الصورة السابقة أمرا نسبيا دقيقا. مأخوذا من واقع الفيلم.

وتوضع هذه العلاقة النسبية موضع الاعتبار حيث يمكن عن طريق حساب السرعة وفقا للمعادلة التالية:

$$\text{ع} = \frac{\Delta\ \text{ف}}{\Delta\ \text{ن}} \qquad (\text{م} / \text{ث})$$

وفى حالة تعدد وتغير أشكال الحركة الرياضية بشكل لايحدث فيه حجب صورة لأخرى أمام العدسة الشيئية يصبح من الممكن إجراء عملية ضبط العنصر الزمنى (Δ ن) عن طريق تغيير عدد القطاعات بالقرص (١ ، ٢ ، ٣ قطاع) بالإضافة إلى تغير التردد وعن طريق معرفة بعد الهدف المصور وبالتقدير المبدئى المنتظر لسرعة الحركة يمكن معرفة العنصر الزمنى الصحيح باستخدام المعادلة التالية:

$$\Delta\ \text{ن} = \frac{\text{ف}_{\text{ص}}}{\text{ع}_{\text{ص}}} \qquad (٤٧)$$

حيث أن فص = بعد الهدف المصور فى اتجاه الحركة مضاف إلى قيمته كمية تعوض الفارق المطلوب إيجاده بين كل صورتين، $ع_{ص}$ = سرعة الحركة وفى هذه الحالة لحساب تردد فرض التصوير تستخدم المعادلة التالية :

$$ع = \frac{١}{\Delta ن} = \frac{ع_{ص}}{\Delta ف_{ص}} \qquad (٤٨)$$

ويلاحظ أنه لايمكن استخدام طريقة الحساب هذه إلا عندما تكون الحركة الانتقالية فى خط مستقيم. أما فى حالة الحركات المعقدة ـ حركة انتقالية مركبة، حركة دورانية تتميز بحركات إضافية لأجزاء الجسم فى معظم الأحوال. فمن الضرورى بالإضافة لذلك تجربة ما إذا كانت (Δ ن) لها قيمة حقيقية أم لا.

*** التصوير بالڤيديو** *Videography*

بالرغم من توفير آلة تصوير الفيديو منذ فترة طويلة فإنها لم تكن تسمح بالتحليل الكينماتيكى للحركات الرياضية، وكان ذلك بسبب سرعة التصوير البطيئة، وكذلك لأن الصور الناتجة عند تحليل الكادرات لم تكن تمتاز بالوضوح الكافى. وقد يرجع ذلك لأن هذه النظم لم تكن مصممة لغرض التحليل الحركى، أما الآن وقد ابتكرت بعض الشركات نظم فيديو خاصة بتحليل الحركة تصل سرعتها إلى ٥٠٠ كادر/ثانية، فقد احتلت هذه الأجهزة المكانة الأولى فى التحليل الكينماتيكى وذلك للأسباب التالية :

١ ـ إمكانية الحصول على تحليل كينماتيكى كامل فى صورة رقمية وبيانية فى زمن لايتعدى ٢٠ ثانية بعد تصوير الأداء مباشرة وبأقل جهد ممكن، وذلك لإمكانية وضع آلات التصوير على خط مباشر مع جهاز كمبيوتر مبرمج لهذا الغرض.

٢ ـ رخص الأفلام الخام وعدم حاجتها للتحميض وإمكانية استخدامها أكثر من مرة.

٣ ـ سهولة التحكم عن بعد فى نظام التصوير سواء من حيث التشغيل أو تغيير زوايا الكاميرات، وكذلك سهولة التزامن مع النظم الأخرى لجمع البيانات البيوميكانيكية.

٤ ـ سهولة استخدام النظام أثناء المنافسات الرياضية .

٥ ـ توافر آلة تصوير الفيديو ذات السرعات المختلفة .

وتتطلب إجراءات تنظيم عملية التصوير بالفيديو ذو الأبعاد الثلاثة مايلى :

أولاً - الأجهزة والمعدات :

١ ـ ثلاث كاميرات فيديو تعمل بمصدر كهربائى ، ذات تردد من ٢٥ مجال/ ثانية إلى ١٢٠ مجال ثانية (*25 - 120 Field/see*) .

٢ ـ ثلاث حوامل ثلاثية لكل كاميرة فيديو حامل خاص بها .

٣ ـ أفلام فيديو .

٤ ـ علامات إرشادية ضابطة كما فى شكل (٧٦) .

٥ ـ علامات تعليم مراكز مفاصل الجسم .

٦ ـ لوحات مرقمة لتحديد ترتيب المحاولات أثناء التصوير .

ثانياً ـ إعداد مكان التصوير :

١ ـ تحديد المجال الذى سيتم فيه التصوير .

٢ ـ وضع العلامات الضابطة لتحديد مجال التصوير ومجال الحركة المراد تصويرها .

٣ ـ التأكد من عدم وجود أى انحرافات فى مكان التصوير .

ثالثاً ـ اعداد وضع كاميرات التصوير :

١ ـ التأكد من أن الكاميرات تعمل ـ فى تزامن واحد .

٢ ـ التأكد من ضبط الكاميرات على سرعة واحدة .

٣ ـ التأكد من وضع فيلم الفيديو بكل كاميرا .

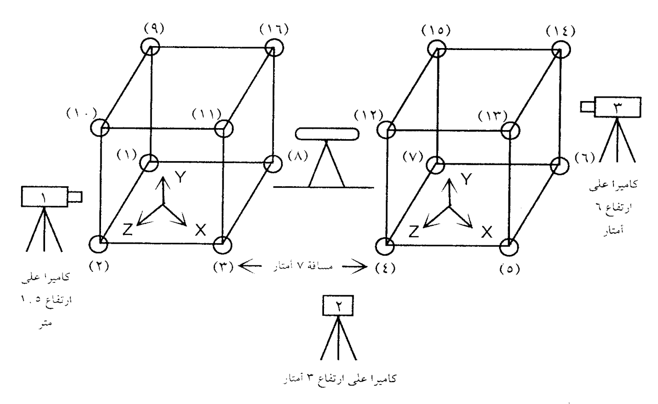
٤ ـ وضع كل كاميرا على حاملها الثلاثى .

٥ ـ التأكد من عدم وجود أى انحرافات أو تغيير فى مستوى كل كاميرا من كاميرات التصوير بالفيديو .

٦ ـ التأكد من وضع الكاميرات الثلاثة بحيث تكون محاورها الحرة أفقية ومنصفة لأى نقطة منفردة . وتعمل المحاور الحرة لكاميرات الفيديو الأولى والثانية ، الأولى والثالثة بزاوية ١٢٠ درجة ، وارتفاع الكاميرا الأولى ٦ متر ، ارتفاع الكاميرا الثانية ٣ متر ، ارتفاع الكاميرا الثالثة ١,٥٠ متر كما فى شكل (٧٦) .

ثالثاً ـ تجهيز اللاعبين :

١ ـ يراعى ارتداء الفرد المراد تصويره الملابس الرياضية وهى شورت قصير أو مايوه وفانلة بيضاء بحملات أو بدون فانلة.



شكل (٧٦) تحديد أماكن الكاميرات الثلاث أثناء تصوير لاعب جمباز على حصان القفز (عن إيهاب)

ب ـ طريقة التحليل البيوديناميكية للحركة الرياضية :

تهتم طريقة التحليل البيوديناميكية للمهارات الحركية بالبحث عن الارتباط الفرضى بين تأثير القوة والأنواع المختلفة من الحركات، بالإضافة إلى البحث فى الشروط التى يمكن أن تنشأ تأثيرات القوة فى ظروفها، وتستخدم فى ظروفها، وتستخدم فى سبيل تحقيق ذلك أجهزة تسجيل القوى التى تستغل الحقيقة القائلة بأن مقاومة الأرض (م) تساوى فى مقدارها كقوة لرد فعل تلك القوة العضلية المؤثرة فى وضع الارتكاز $ق_{ع س}$ ، فإذا كانت $ق_{ع س}$ تقابل قاعدة مرنة، فإن هذه القاعدة تنحرف بما يماثل مقدار ق ع س بشكل أو بآخر، ويمكن ملاحظة ذلك عند القفز فى الماء من سلم الغطس المتحرك حيث تزداد لوحة القفز انحرافا كلما ازداد القافز قوة أى كلما كان القافز يستخدم قوة عضلية أكبر $ق_{ع ص}$ أو $ق_{ع س}$.

وعلى ذلك يمكن جعل مقدار القوى العضلية المستخدمة واضحا لقياسها وعلى هذا الأساس يمكن إقامة اللوحة الخشبية القابلة للاهتزاز فى أبسط أجهزة تسجيل القوى (مدون القوى) أما فيما يتعلق بأبحاث الميكانيكا الحيوية التى تتطلب أجهزة تسجيل قوى متناهية الدقة فإنه يجب وضع أشياء أخرى فى الاعتبار أهمها ما يذكره هوخموث Hochmuth (٦ : ٢٧٧) فيما يلى:

أ ـ العلاقة النسبية بين التحميل ص ع س (ن) وما يعطيه تسجيل القوى من نتيجة.

ب ـ التسجيل الخالى من الانحناء لمسار القوة ص ع س (ن).

وتكون العلاقة النسبية بين التحصيل والنتيجة التى يشير إليها جهاز تسجيل القوى محفوظة إذا ما كانت القاعدة المرنة تنحرف بفعل التحميل بالدرجة التى لا تجعل هذا الانحراف مستمرا عند زوال التحميل ـ تشكيل مرن ـ أى عندما يكون الشخص متحركا بتحميل يدور فى مجال انطباق قاعدة هوك.

وتنطبق العلاقة التالية على الانحراف.

$$\text{ف} = \frac{\text{ق ع س}}{\text{ج}} \qquad (٤٩)$$

حيث (ف) الانحراف، (ج) = معامل المرونة للقاعدة الهزازة

ق ع س = القوة العضلية

وفى حالة التسجيل الخالى من الانحراف يقصد فى حقيقة الأمر أنه سواء فى حالة ازدياد شدة التحميل أو نقصه، فإن القيمة التى يشير إليها جهاز تسجيل القوى تزداد وتنقص مباشرة دون ـ تأخير. كما لايحدث عن القاعدة المرنة أى مرونة خاصة بها، ويظهر الانحراف بمعنى التأخير إذا ما انحرفت القاعدة المرنة بشدة ـ فى إطار المجال النسبى بين (ف)، (ق ع) ـ أى إذا ما استغرق ذلك فترة زمنية كبيرة نسبيا قبل أن يتم الوصول إلى الانحراف المتناسب مع التحميل الاستاتيكى المماثل له فى قوته.

ويمكن التغاضى عن قيمة التأخير بالنسبة لقياسات الميكانيكا الحيوية وذلك عند اختيار معامل مرونة كبيرة بقدر كاف ويعنى ذلك انحرافا طفيفا وفقا للمعادلة (٤٩). ومن المهم فى هذا المجال معرفة أنه فى الحركات الرياضية تكون القوة العضلية المؤثرة

كحمل واقع على القاعدة المرنة تصاعدية بشدة نحو النهاية العظمى فى معظم الأحوال، وبذلك يكون من الممكن التغلب على هذا الانحراف بل التغاضى عن قيمته فى حالة ما إذا كانت قيمة (ج)، عالية بالقدر الكافى.

وفيما يتعلق بالاهتزازات الخاصة بالقاعدة المرنة يجب أن تنطبق عليها الشروط التالية:

١ ـ وجود مقدار كاف لثابت المرونة وذلك حتى يمكن المحافظة على النسبة بين التحميل وقراءة المؤشر عندما يكون التحميل بالدرجة القصوى وحتى يتوفر بشكل عام درجة ضئيلة من التأخير يمكن التغاضى عنها عند قراءة نتائج المؤشر بالإضافة إلى وجود سرعة ابتدائية ضئيلة فى الهزة الارتدادية.

٢ ـ اختيار كتلة صغيرة بقدر الإمكان وذلك كى يمكن الوفاء بالشرط الخاص بالاهتزاز الشديد التضاءل وذلك عن طريق الكتلة ـ كتلة القاعدة المرنة مضافا إليها الكتلة المشتركة للجسم المتحمل وهذا الشرط هو:

ص٢ = غ . جَ ـ ك (٥٠)

حيث أن ص = معامل التضاءل، جَ = ثابت المرونة،

ك = الكتلة المتحركة

ويمكن وضع الشرطين السابقين فى شرط واحد وفقا للعلاقة الخاصة بالتردد الذاتى ع. لشكل مرن يهتز خطيا:

ع. = ج / ك . . . . (٥١)

وبسبب الانحراف الطفيف الذى ينبغى أن يتوفر تظهر صعوبات فيما يتعلق بوضوح وتسجيل مسار القوة المتغيرة مع الزمن ق ع س. (ن) إلا أنه فى الإمكان التغلب على هذه الصعوبات بإجراء عملية تكبير تصل إلى مائة ضعف عندما يكون أقل انحراف مسموح به ٥,٠ مم، وذلك للحصول على شكل بيانى للعلاقة بين (ق ـ ن) قابلا للتقويم بطريقة مقبولة.

كما أمكن التوصل إلى استخدام إمكانية التحويل التأثير الميكانيكى للقوة إلى قيمة كهربية عن طريق استخدام أجهزة قياس كهروتضاغطية أو تأثيرية حثية أو توترية أو غير ذلك من الأجهزة مما أدى إلى تعدد أنواع أجهزة القوى إلا أنها تعتمد فى تصميمها على أساسين هما :

أ ـ الأساس الميكانيكى .

ب ـ الأساس الكهربى .

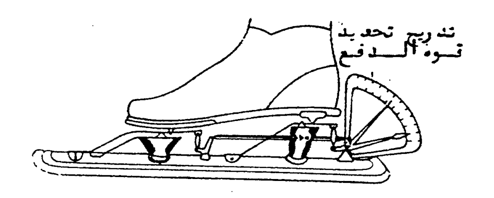
ويشير هوخموث إلى أن أجهزة تسجيل القوى المبنية على أساس ميكانيكى يعيبها مالها من قصورا ذاتيا كبيرا مما يؤثر على القراءات، ويمكن الاعتماد على نتائجها فى الاستفادة بها فى حالات إجراء الأبحاث الأولية ويعنى بذلك بعض الأجهزة المبسطة المعروفة عن ابلاكوف Abalakow وجندلاخ Gundlach، ماير Mayer، يور Your، وأننى أرى أنه فى الإمكان التغلب على القصور الذاتى عند تصميم مثل هذه الأجهزة، وفى هذه الحالة تصبح النتائج المسجلة عن طريق هذه الأجهزة دقيقة ويمكن الاعتماد عليها فى حل المشكلات الحركية المتعلقة بالتكنيك الرياضى .

* أجهزة تسجيل القوى على أساس ميكانيكى:

تمكن ابلاكوف من تصميم بعض أجهزة لتسجيل القوى المسجلة التى تعتمد على انحناء الأجسام المرنة وتكبيره عن طريق رافعة، مع تسجيل النتائج على مدون اسطوانى ويعيب هذه الأجهزة بأن لها قصورا ذاتيا كبيرا نسبيا مما يؤثر على القراءات نتيجة لانتقال الحركة فيها ميكانيكيا .

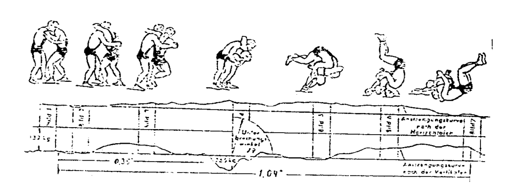
إلا أننا نعتمد على نتائجها فى حالة إجراء الأبحاث الأولية .

ويوضح شكل (٧٧) جهاز تسجيل القوى المستخدم فى حذاء الانزلاق السريع على الجليد لأبلاكوف، ويلاحظ وجود مؤشر لإعطاء النتائج مباشرة والتى يمكن تصويرها أثناء انزلاق العداء وأخذه من صور الفيلم .



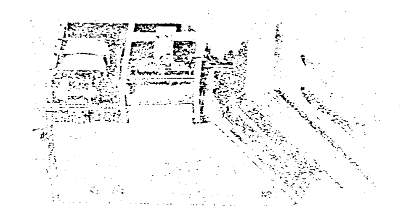
شكل (٧٧) جهاز تسجيل القوى المستخدم فى حذاء الانزلاق على الجليد عن (ابلاكوف Abalakow)

كما تمكن ابلاكوف من تطوير مجموعة كبيرة من أجهزة تسجيل القوى بشكل يمكن من تسجيل تأثيرات القوة للاعبين من لاعبى المصارعة أحدهما فى الاتجاه الأفقى والآخر فى الاتجاه الرأسى كما فى شكل (٧٨).



شكل (٧٨) تطابق منحنى تأثير قوة الرفع من صور الفيلم أثناء المصارعة
باستخدام جهاز تسجيل القوة لابلاكوف (عن نوفيكوف)

أما جوندلاخ فقد كان له الفضل فى تطوير مكعبات البدء بتسجيل القوة خلال مرحلة البدء فى مسابقات العدو السريع حيث أصبح فى الإمكان التعرف على دفعات القوة لكل من الرجل اليمنى والرجل اليسرى، إلى جانب توقيت كل من رفع اليدين، إيقاف طلقة البداية وذلك عن طريق استخدام مسجل كاتب فوريا كما فى شكل (٧٩).



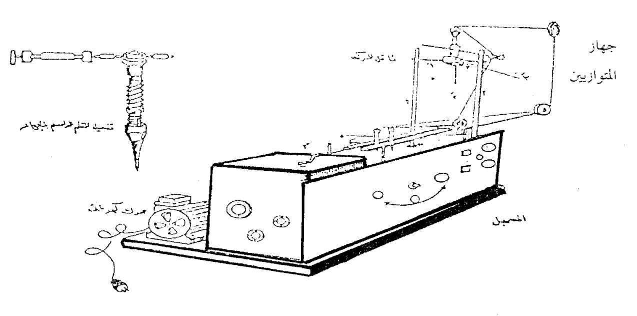
شكل (٧٩) كاتب تسجيل القوة للبدء (عن جوندلاخ)

إلا أن ماير استخدم إمكانية انحناء عارضة العقلة وفقا لمقدار القوة العضلية المؤثرة عليها واتجاههما مستغلاً ذلك فى تسجيل النتائج بطريقة مباشرة، وتبعا لمقدار الانحناء يلف الجانب الأمامى لعارضة العقلة بزاوية معينة وتبعا لذلك يدور قلم التدوين المثبت على الجانب الأمامى لعارضة العقلة فى اتجاه المحور، ويكون دورانه بنفس مقدار الزاوية. فإذا كان قلم التدوين مركبا بطريقة يضغط بها بصفة مستمرة على سطح كتاب مستو، فإنه يمكن الحصول على رسم بيانى للقوة العضلية وفقا للمقدار والاتجاه.

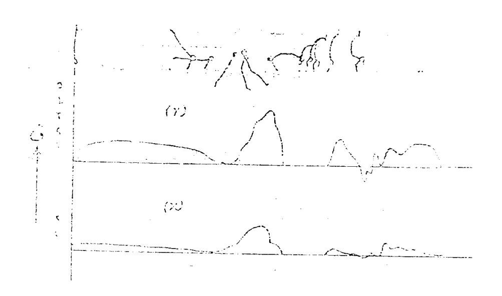
وقد تمكن بوير *Bauer* من تطوير جهاز تسجيل القوى على جهاز العقلة حيث استخدم بدلا من قلم التدوين سهما مضيئا، يكون نقطة فى حالة عدم التحميل ويحدث ذلك على قرص من القماش مستدير الشكل عند منتصفه تماما ويرسم اتجاه القوس طبقا لقيمة الانحناء ويتم تصوير القرص المصنوع من القماش باستخدام آلة التصوير الدائرى المتتابع بطريقة يحصل بها على رسم بيانى للكمية المتجهة للحركة من تجميع تلك النقط، ويتم اختيار طول قطر القرص وبعده عن عارضة العقلة بطريقة لايحدث معها تغطية جزء كبير من مسار الحركة على الرسم البيانى بطريقة التصوير الدائرى المتتابع. ويمكن بهذه الطريقة الحصول على نتائج قياس ذات معارف عالية ومفيدة.

أما عادل فقد تمكن من تصميم وتنفيذ جهاز لتسجيل القوى المؤثرة على مركز ثقل كتلة الجسم فى اتجاه كلا المركبتين الرأسية والأفقية خلال أداء مهارات الجمباز على جهاز المتوازيين، ويعتمد هذا الجهاز على استغلال خاصية انحاء عارضة المتوازيين

ونقل هذا الانحناء عن طريق ناقل للحركة ـ فى كلا الاتجاهين الرأسى والأفقى ـ متصل بوحدة المسجل (الكاتب) بطريقة تغلبت على القصور الذاتى وإعطاء الرسم البيانى لمسار القوة فى اتجاه كلا المركبتين الرأسية والأفقية فوريا كما فى شكل (٨٠ ، ٨١). (٩ : ١٧ ـ ٢٢)



شكل (٨٠) رسم تخطيطى لجهاز تسجيل القوى (عن عادل)



شكل (٨١) المنحنى البيانى لمقادير واتجاه القوة المؤثرة على مركز ثقل كتلة الجسم خلال أداء الدورة الهوائية من الوقوف على اليدين لنفس الوضع على جهاز المتوازيين باستخدام جهاز تسجيل القوة لعادل (عن عادل)

* أجهزة قياس القوة المبنية على أساس كهربائى:

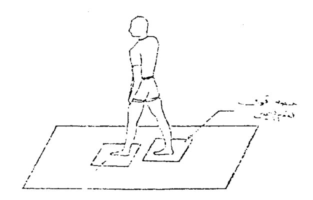
تبنى أجهزة قياس القوة المبنية على أساس كهربى على إمكانية تحويل التأثير الميكانيكى للقوة إلى قيمة كهربية، وبمساعدة أجهزة القياس الكهروتضاغطية أو التأثيرية الحثية أو التوترية أو غير ذلك من الأجهزة يمكن تحقيق هذا التحول بالقيمة المقاسة.

وبالرغم من إمكانية استخدام هذه الطرق باختلاف أنواعها فى تصميم أجهزة قياس القوة فى المجال الرياضى إلا أن الأجهزة التى تعتبر أكثر انتشارا فى الوقت الحالى تلك الأجهزة التى تسير على أساس التوتر (طرق القياس بالاستطالة) وتسمى بمنصات القوى. وفيما يلى سوف نستعرض بعض هذه الأنواع الشائعة الاستخدام، من منصات القوى فى مجال دراسة المهارات الحركة فى مجال الميكانيكا الحيوية.

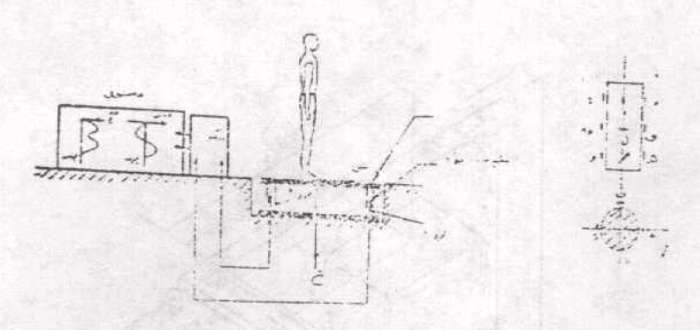
١ ـ منصة القوى المستخدمة لدراسة حركة المشى:

صممت هذه المنصة لقياس القوة المؤثرة على جسم الإنسان فى كلا الاتجاهين الرأسى والأفقى خلال حركة المشى. وتتركب من لوح المشى وهو مرتكز على أربع أعمدة مثبتة فى القاعدة الثابتة للمنصة، ومثبت ١٢ مقياس أجهاد لقياس مقادير الاجهادات الناجمة من القوى المختلفة التأثير على المنصة على كل عمود من الأعمدة الأربعة كما فى شكل (٨٢ ـ أ ، ب).

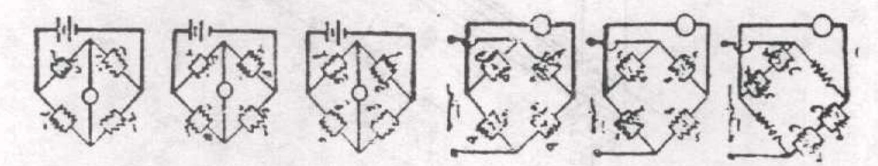
ورتبت الثمانى وأربعون مقياسا للإجهاد فى ستة دوائر كهربية بحيث يمكن قياس المركبات المختلفة لجميع القوى المؤثرة على المنصة كما فى شكل (٨٢ ـ د) كونتى، دربليس) (١٩٦٦) (٢٨ : ٤٩٣ ـ ٥٠٤)



شكل (٨٢ ـ أ) منصة القوى المستخدمة فى تحليل حركة المشى



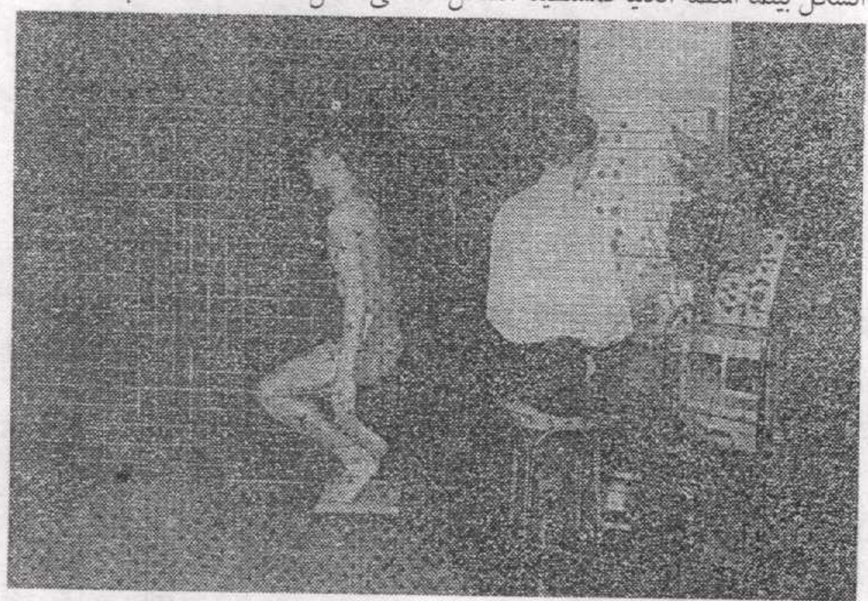
شكل (٨٢ ـ ب) هندسة القوى ووحدات القياس المستخدمتين فى تسجيل القوى المسببة لحركة الإنسان



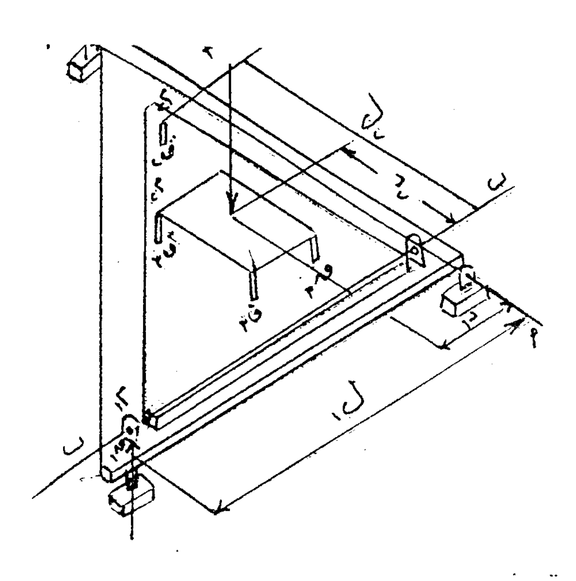
شكل (٨٢ ـ د) الدوائر الكهربية المختلفة المستخدمة فى قياس خواص حركة جسم الإنسان على منصة القوى

ب ـ المنصة الثلاثية للقوى:

هى عبارة عن ثلاث منصات مرتبة فوق بعضها، المنصتان السفلية والمتوسطة مثلثتا الشكل بينما المنصة العليا فمستطيلة الشكل كما فى شكل (٨٣ ـ أ ، ٨٣ ـ ب).



شكل (٨٣ - أ) صورة لمنصة القوى الثلاثية



شكل (٨٣ - ب) تركيب منصة القوى الثلاثية

ولكل من المنصتين المثلثتين إمكانية الدوران حول محور منطبق على أحد جوانبها الثلاثة بحيث أن محور الدوران (أ، أ) للمنصة السفلى، (ب، ب) للمنصة المتوسطة متعامدان.

ويتضح من شكل (٨٣ ـ ب) أن المنصة السفلى محملة على مقياس القوى المثبت عند رأسها المواجه لمحور دورانها (أ ، أ)، بينما المنصة المتوسطة فمحملة على المقياس المثبت فى مقابل المحور (ب ، ب) أما المنصة العليا فهى مثبتة على المنصة المتوسطة بواسطة مقاييس القوى الأربع $م_٣$، بحيث أن مجموع قراءات هذه المقاييس تعطى مقدار أى قوة رأسية ق ص مؤثرة على المنصة العليا.

ولتحديد نقطة تأثير القوى الرأسية $ق_{ص}$ يستخدم المقياسين $م_١$ ، $م_٢$ حيث أنهما يقيسان عزمى هذه القوى حول المحوران (أ ، أ) ، (ب ، ب) وذلك وفق العلاقات التالية:

$$ق_١ = د_٢ \, ق_{ص} \, / \, ل_٢ \qquad (٥٢)$$

$$ق_٢ = د_١ \, ق_{ص} \, / \, ل_١ \qquad (٥٣)$$

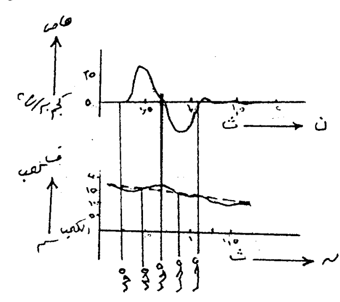
حيث $ق_١$ ، $ق_٢$ = ردود الفعل المؤثرة على المنصتان الكلية واللتان يوازيان عزمهما عزم القوة.

د ١ ، د ٢ = إحداثيات نقطة تأثير القوة ق ص متماسان بالنسبة للمحاور (أ ــ أ) ، (ب ـ ب).

ل١ ، ل٢ = أبعاد نقطة تأثير القوى ق١ ، ق٢ من محاور الدوران (أ ـ أ)، (ب ـ ب).

وبمعلومية مقدار القوة الرأسية ق ص ومقدار ردود الأفعال ق١ ، ق٢ من محاور الدوران (أ ـ أ) ، (ب ـ ب).

وبمعلومية مقدار القوة الرأسية ق ص ومقدار ردود الأفعال ق١ ، ق٢ فإنه يمكن عن طريق المعادلتين (١)، (٢) حساب احداثي نقطة تأثير القوة ق ص وهما د١ ، د٢ .



شكل (٨٣ ـ جـ) قوة رد الفعل الرأسية على جسم الإنسان المحلان الهندسيان لمركز ثقل كتلة الجسم ونقطة تأثير قوة رد الفعل أثناء أداء حركة المد لأعلى

يوضح الشكل (٨٣ ـ جـ) النتائج التي تم الحصول عليها أثناء حركة مد الركبتين عاليا من وضع الإقعاء باستخدام منصة القوى الثلاثية.

٢ ـ تقييم سير الحركة الرياضية :

من المسلم به وجود فروق فردية بين الأفراد، وهذه الفروق تؤدى بطبيعة الحال إلى اختلافات طرائق أدائهم للمهارات الحركية الرياضية كما أثبتت البحوث والدراسات في مجال الميكانيكا الحيوية (١١ : ١١٥) (٣ : ٣ ـ ٧٤) إن أى مهارة رياضية يؤديها اللاعب لأكثر من مرة لا تتكرر بنفس الشكل ولكنها متقاربة الشكل، ويعنى هذا أن

المهارات الرياضية لها صفات خاصة تنطلق لدراستها فى الناحية العلمية من المبادىء التشريحية والفسيولوجية والقوانين الميكانيكية لتحديد أساس المهارات الحركية الرياضية.

يؤدى إعطاء المهارات ككل دون تجزئتها ولمرة واحدة وبسرعة إلى صعوبة استيعابها وفهم أجزائها بعكس عرضها عن طريق الافلام السينمائية البطيئة السرعة التى تعطى الفرصة لاستيعاب أجزائها بالرغم من أدائها بصورة سريعة ولمرة واحدة.

كما يتطلب استيعاب التركيب البنائى للمسارات الحركية للمهارات الرياضية وضع مبادىء تعكس قوانين تنطبق على المهارات مجتمعة حيث تكون الموجه الأعلى لكل تثمين للمهارات وقد أمكن حتى الآن التوصل إلى :

※ مبادىء تقويم المهارات الحركية الرياضية :

١ـ مبدأ الهدف ٢ـ مبدأ الاقتصاد فى الجهد ٣ـ مبدأ الأصالة

١ ـ مبدأ الهدف :

لكل مهارة رياضية هدفا معينا يختلف باختلاف نوع المهارة ويرتبط بنوع النشاط الممارس والقوانين المحددة له، فمثلا فى ألعاب القوى يهدف الوثب الطويل إلى تحقيق أكبر مسافة يمكن للواثب الوصول إليها، والوثب العالى يهدف إلى تحقيق أعلى مسافة يمكن للواثب تخطيها وفى كرة القدم يهدف التصويب إلى إصابة الهدف، وفى الجمباز تهدف مهارة صعود الكب الطويل على جهاز المتوازيين إلى الوصول من وضع التعلق إلى وضع الارتكاز بالمرجحة الأمامية ولكل من هذه الأهداف محددات يحددها القانون الدولى للرياضة التابعة لها كل من هذه المهارات. لذلك يعتبر هدف المهارة من أهم محددات الحكم عليها.

٢ ـ مبدأ الاقتصاد فى الجهد :

يوجد ارتباط وثيق بين مبدأ الهدف ومبدأ الاقتصاد فى الجهد الذى يحتل مكانته وزادت قيمته بتطور المهارات الرياضية حيث أن السرعة ومطاولة الحركة أصبحتا حيويتين لأن حركات اللاعب أصبحت اقتصادية، ويعنى هذا أن القوة والطاقة استغلتا إلى أقصى ما يمكن بقدر يتناسب والواجب الحركى وأن تطور تكنيك المهارات أدى فى

حالات كثيرة إلى تغيير تكنيك قديم ليحل محله تكنيك اقتصادى جديد، ولكى يتحقق الاقتصاد فى الجهد يجب أن يتم الواجب الحركى - فيتحقق الهدف - بأحسن أداء ويتم ذلك حينما ينسجم التوافق الحركى للحركات المشتركة فى تحقيق الواجب الحركى مع الإمكانات الحركية للاعب.

ويتم تقويم الاقتصاد فى الجهد عن طريق المحددات التالية :

١ - بناء الحركة - مجال وزمان المهارة.

٢ - وزن الحركة.

٣ - نقل الحركة.

٤ - انسيابية الحركة.

٥ - مرونة الحركة.

٦ - توقع الحركة.

٧ - جمال الحركة.

١ - بناء الحركة :

أ - الحركة المكونة من ثلاث أقسام :

تحتوى الحركة الثلاثية على ثلاث أقسام من حيث الزمان والمجال (المكان) وتسمى هذه الأقسام بالقسم التحضيرى والقسم الرئيسى والقسم النهائى، وهناك علاقة بين كل قسم آخر، فبواسطة القسم التحضيرى يهيأ ويحضر القسم الرئيسى عن طريق حركات أو ركضة تقريبية وأن القسم الرئيسى يخدم الواجب الحركى أى أنه يضع الحل لواجب الحركة وأما القسم النهائى فهو صدى واستمرار للقسم الرئيسى وبواسطته تحصل على الوضع الثابت ومن أمثلتها حركات الجمباز وقذف القرص ودفع الجلة..... الخ.

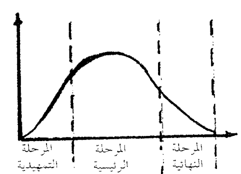
ويلاحظ أنه فى بعض الأحيان أخذ فترة تحضيرية كبيرة يكون غير مجدىٍ لأسباب تكنيكية أو لأسباب تحتمها قوانين اللعبة وهذا يتطلب تقصير الفترة التحضيرية أو تغييرها كما يحدث فى المراوغة، وكذلك يكون القسم النهائى مختلف فأحيانا يتم بحرية وأخرى يوقف.

ويلعب تعلم هذه الأقسام دورا مهما عند تعليم مهارة حركية حيث أن هذه الأقسام الثلاثة لاتكون كاملة عند المبتدئين، وكذلك العلاقة بين كل قسم وآخر لاتكون صحيحة ولا يرتبط القسم التحضيرى، بانسياب مع القسم الرئيسى فى أكثر الأحيان.

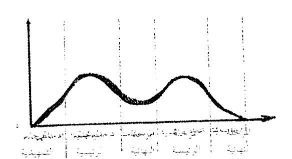
ب ـ الحركة الثنائية :

تتكون الحركة الثنائية فى حالات السرعة الطبيعية من قسمين وذلك من تداخل القسم النهائى مع القسم التحضيرى ونشاهد قسمين فقط هما القسم الرئيسى وقسم يشمل القسمين الآخرين. . إن انسيابية الحركة المركبة يتم أيضا عن طريق التداخل فى الأقسام. . ونحن نود أن نلفت النظر عند تعليم الحركات الثلاثية والثنائية إلى مايلى :

يتوقف نجاح التدريب على الحركات الثلاثية على تعليم الأقسام الثلاثة بصورة واضحة بحيث يكون كل قسم منها واضحا والعلاقة بين القسم الرئيسى والتحضيرى متناسبة من ناحية القوة والسرعة واتساع المدى فمثلا نجد أن مهارة الوقوف على اليدين على المتوازيين تحتاج إلى قوة كبيرة فى المرجحة أكثر من الوقوف على الكتفين.



شكل (٨٤) أقسام الحركة الثلاثية (الحركة الوحيدة)



شكل (٨٥) الحركة الثنائية (المركبة) (الحركة المتكررة)

كما نجد أن زيادة السرعة أكثر من المطلوب فى الركضة التقريبية فى رمى الرمح يؤدى إلى إرباك الأقسام الأخرى، إلا إذا تناسب القسم مع تغير وضع الجسم فى القسم التحضيرى.

ـ ملاحظة عدم تقليل السرعة عند الانتقال من القسم التحضيرى إلى القسم الرئيسى فى الحركات التى تحتاج إلى ركضة تقريبية أو دوران كحركات القفز والرمى وذلك للاستفادة الكلية من القوة التى يحصل عليها الجسم نتيجة للقسم التحضيرى.

ـ يجب أن تنصب ملاحظة المدرس أو المدرب على القسم المتداخل أى القسم التحضيرى المتداخل فى القسم النهائى فى الحركات الثنائية وذلك لعدم إتاحة الفرصة لأى مؤثر يعيقه عن أداء القسم بصورة صحيحة وينطبق ذلك أيضا بالنسبة للحركات المركبة.

٢ ـ وزن الحركة (ديناميكية الحركة):

يفهم من اصطلاح وزن الحركة أنه حركة الأجزاء المترابطة لمهارة ما ويعنى الفترات المتبادلة بين الشد والاسترخاء اللذين يكونان المهارة، وتعتبر انسيابية الفترة بين الشد والاسترخاء وعدم ظهور حدود واضحة بينهما أحسن علاقة لحركة الأجزاء المترابطة المكونة للمهارة، وقد عرف دياتشكوف Diatschkow (٧ : ١٠٨١) وزن الحركة «بأنه الفترة الزمنية بين مراحل المهارة والتداخل بين أجزائها وكذلك العلاقة بين شد واسترخاء العضلات.

وأهم محددات الحكم على وزن الحركة أن يتم الشد فى الوقت المناسب وبالكمية المناسبة مع الأخذ فى الاعتبار أن الاسترخاء يلعب دوره فى نجاح الواجب الحركى وخاصة فى المباريات السريعة التى تحتاج إلى مطاولة، وأن درجة ومدة فترة الاسترخاء متغيرة بالنسبة لنوع المهارة وواجبها فبعض المهارات تحتاج إلى فترة استرخاء قصيرة كمهارات التعلق والارتكاز على أجهزة الجمباز والوثب الطويل والوثب العالى ورمى القرص... الخ فى العاب القوى والتصويب، ويقول كريستوف نيكوف Krestof nikof (١٠ : ٦٤ : ٦٨) «عندما استوعب حركة ما أتمكن من عكسها سمعيا بواسطة الصوت أو الموسيقى وهذا يساعدنا على تفهم الوزن، وبالتالى يساعد على تعلم

وتعليم الحركة» . وعندما تتمكن من تلحين وزن حركة تتمكن من حل مشكلة تدريس وزن الحركة .

٣ ـ نقل الحركة :

يعنى نقل الحركة التدرج بحركة الأجزاء والمفاصل من حيث مظهرها الخارجى، والأنواع الرئيسية للنقل الحركى هى من الجذع إلى الأعضاء ومن الأعضاء إلى الجذع وتظهر الاحتمالات الآتية :

ـ النقل من الجذع إلى الذراعين .

ـ النقل من الجذع إلى الرجلين .

ـ النقل من الجذع إلى الرأس .

ـ النقل من الذراعين إلى الجذع .

ـ النقل من الرجلين إلى الجذع .

وحالة خاصة من الرأس إلى الجذع ـ واجب الرأس التوجهى ـ والنقل الحركى يتم باتجاه الواجب الحركى وإما القوة فتكون منصبة على الأداء أو على كتلة الجسم، وأن سبب التدرج بالحركة هو الاستغلال الكلى للقوة المحركة من جهة وتحضير العضلات المشاركة فى العمل من أجل الحصول على القوة المطلوبة من جهة أخرى .

ولحركة الجذع تأثير كبير فى الحركات الرياضية وهناك خمسة أشكال لحركة الجذع والتى يتم فيها النقل الحركى وهى :

ـ عمل الجذع العمودى . ـ عمل الجذع الأفقى .

ـ عمل الجذع الدائرى . ـ عمل الجذع الالتوائى .

أن عمل الجذع العمودى والأفقى وكذلك الدائرى يعنى استغلال القوة المتحركة لكتلة الجذع ونقلها إلى الأعضاء .

كما يعنى العمل الالتوائى والقوس المشدود وكذلك إسقاط الجذع ومدة استحداث القوة عن طريق عضلات الجذع الكبيرة والقوية ثم نقلها إلى الأعضاء، وكلا النوعين لايمكن فصل بعضها عن الآخر .

ان العمل الالتوائى والقوس المشدود يتم عن طريق مد وتهيئة عضلات معينة للقسم الرئيسى وتلعب الرأس فى مهارات عديدة واجبا قياديا وتوجيها، فالدوران وتغيير الاتجاهات وكذلك وضع الجذع والقوام تعين عن طريق وضع الرأس.

إن الواجب التوجيهى للرأس يكون مرة ضروريا للاستطلاع عن طريق النظر لهدف المهارة أو اتجاهها الجديد، ويؤدى مرة أخرى وضع الرأس إلى حركة رد فعل تتم عن طريق عضلات الرقبة.

إن أى خلل فى النقل الحركى من الجذع إلى الأعضاء أو العكس أو خطأ التوجيه لحركة الرأس سيؤدى إلى بذل قوة زائدة لتصحيح المسار وهنا يبرز أهمية النقل الحركى السليم كأحد محددات تحقيق مبدأ الاقتصاد فى الجهد عند أداء المهارات الرياضية.

٤ ـ انسيابية الحركة :

عرفت ظاهرة الانسيابية قديما فى الحركات الرياضية وهى شرط للحركة الجيدة الاقتصادية وتلعب الانسيابية دورا هاما فى جميع الحركات الرياضية سواء كانت وحيدة أو متكررة أو تشكيلة حركية، ويتم تقييم الانسيابية وفق المحددات التالية:

أ ـ مجال الحركة.

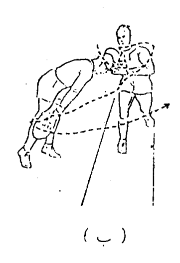
ب ـ زمن الحركة.

جـ ـ ديناميكية الحركة.

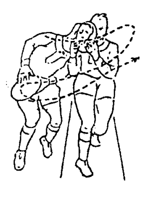
أ ـ مجال الحركة :

عند تغيير اتجاه الحركات أثناء أداء المهارات الحركية الرياضية تتضح انسيابية الحركة عندما يتم هذا التغيير فى اتجاهات دائرية أو على شكل أقواس.

فعندما يتم الانتقال من القسم التمهيدى إلى القسم الرئيسى خلال المسار لأى مهارة فى شكل دائرة أو فى شكل قوس بدون حدوث زوايا حادة تتصف هذه المهارة بالانسيابية وعلى ذلك يمكن الحكم على انسيابية المهارة من عدمه عن طريق المسار الحركى لها.



(ب)



(أ)

شكل (٨٦) المناولة بالراكبى (أ) تبين الانسيابية (ب) تظهر زوايا فى تغيير الاتجاه (عدم الانسيابية)

ب ـ زمن الحركة :

يمكن الحكم أيضا على انسيابية الحركة فى مهارة ما بمشاهدة منحنى دالة السرعة مع الزمن حيث يتم التغيير فى السرعة بصورة تدريجية سواء كان ذلك بصفة تزايدية أو تناقصية ـ مع الأخذ فى الاعتبار أنه لاتوجد مراحلة يكون فيها الجسم أو أحد اجزائه ثابتا وان التحليل الظاهرى لايمكننا من معرفة ذلك ويوهمنا أحيانا بوجود نقطة ثبات .

وأن تغيير السرعة فجأة أو ثبات أحد أجزاء الجسم كله دليل على عدم الانسيابية وهذا ناتج من عدم ضبط أداء المهارة أو الخطأ فى أدائها .

جـ ـ ديناميكية الحركة :

تظهر الانسيابية فى ديناميكية الحركة فى تغيير الشد العضلى . . فالشد العضلى المفاجىء يقضى على الفترة بين الشد الأدنى والشد الأقصى، ويعنى انسيابية ووزن حركى غير جيدين، وأن الشكل الصحيح لديناميكية الحركة يظهر فى شكل أقواس عند تمثيله بيانيا، وحتى فى حالة الصعود أو الهبوط لاتوجد زوايا حادة وأن الوصف السابق للمظهر الخارجى لانسياب الحركة فى مجال وزمن وديناميكية أدائها يظهر لنا أن الخطأ يمكن مشاهدته فى أحد هذه الظواهر بصورة واضحة ومن الطبيعى أن جميع هذه الظواهر متعلقة ببعضها ولايمكن فصلها .

ومجمل القول إن الزوايا فى سير أى مهارة يعنى قطع المهارة كما سبق وصفه بعدم الاقتصاد فى الحركة ويعزى وجود زوايا فى تغيير اتجاه المهارة إلى عدم انسيابية انجازات القوة المنفردة من ناحية ديناميكية الحركة وأن هذه الانجازات للقوة المنفردة من ناحية ديناميكية الحركة لاتنسجم مع القوى الخارجية وخاصة مع استمرارية قوة ووزن الجسم اللتين تحتاجان إلى قوة كبيرة فإذا أديت كتشكيلة حركية على جهاز العقلة مثلا بانسيابية وكان تغيير اتجاه الحركات لايحتوى على زوايا فمعنى هذا أن العلاقة بين القوى الداخلية متناسبة. وإذا وجد تعطيل زمنى فى مجال الحركة وزوايا فى تغيير اتجاهها فهذا يعنى السرعة المفاجئة للدفع الحركى وعدم الانسيابية.

٥ ـ مرونة الحركة :

وتظهر مرونة الحركة فى الحركات التى تعمل على إيقاف وارتداد الجسم الساقط وهذه الحركات تجدها فى القسم النهائى من المسار الحركى للمهارة وتتوقف صفة مرونة الحركة بالدرجة الأولى على حركات مفاصل الرجلين والجذع وفى حالات كثيرة يدخل ضمنها مفاصل الذراعين، ويتوقف الحكم على مرونة الحركة على درجة عمق الارتداد الذى يختلف بدوره باختلاف الواجب الحركى للمهارة فعند أداء مهارة الدورتين الهوائيتين الخلفيتين من المرجحة الأمامية كنهاية على جهاز المتوازيين يتطلب ذلك إقلال عمق الارتداد ويمكن توضيح هذا الاختلاف فى درجة المرونة عن طريق بناء المهارة ففى الحالة الأولى ـ تلاحظ القسم النهائى الكامل وهذا يعنى أن واجب المهارة هو توقف حركة الجسم وإرجاعه إلى وضع الثبات فالمهارة يجب أن تنتهى بثبات الجسم واستقامته وعدم تقدم الجسم وهذا الواجب يتم بأحسن شكل بواسطة ارتداد عميق مرتبط بانتقال انسيابى لاستقامة الجسم بدون توتر أو تصلب.

أما فى الحالة الثانية ـ التشكيلة الحركية على الأرض ـ فيظهر هنا الاندماج فى مراحل المهارة فالقسم النهائى الهبوط عند لمس الأرض ـ للمهارة السابقة تكون قسم تمهيدى للمهارة اللاحقة ولهذا السبب يكون ظهور شكل المرونة مختلفا وتلعب الانسيابية هنا دورا هاما لنجاح الربط بين مكونات التشكيلة الحركية.

وخلاصة القول فإن المرونة تلعب دورا مهما فى جميع مراحل المهارة خاصة فى حركات التوقف فى الجزء النهائى وأن مرونة الحركة اقتصاد لعمل العضلات وتمنع إصابة الجهاز الحركى أو الهزة فى الدماغ. كما تؤدى مرونة الحركة فى الحركات الثنائية وفى الحركات المرتبطة التشكيلة الحركية إلى الانسيابية والاقتصاد فى الجهد والطاقة.

٦ ـ توقع الحركة :

يفهم تحت مدلول التوقع الحركى المعرفة المسبقة لهدف المهارة، وخطة المهارة المرتبطة بهدفها، حيث تنشط هذه الخطة الأعصاب المسئولة عنها.

وتؤثر الخطة المتوقعة على المظهر الخارجى للمهارة السابقة لكى تنسجم معها، وأن توقع خطة مهارة ما يتعلق بدرجة التجارب الحركية والمعرفية حيث أن اللاعب المدرب يركز على نقاط قليلة فى خطة مهاراته وأن اقسام التوقع فى المهارات الآلية (اتوماتيكية) لاتحتاج إلى تركيز كامل. ويمكن الحكم على سلامة وصحة التوقع الحركى بالنسبة للاعب الجمباز عند ملاحظة أدائه فالمهارة التى تؤدى بتصلب وعدم استغلال أجزاء الجسم كما يحدث مثلا عند القفز على الحصان بأن يقدم اللاعب الذراعين للاستناد مبكرا على الحصان دون استغلاله لحركة الذراعين تدل على توقع اللاعب المبكر للنقطة الحاسمة لأداء المهارة مما يؤدى إلى عدم الانسيابية فى الأداء وبالتالى إلى عدم الاقتصاد فى الطاقة، وينطبق ذلك أيضا على التوقع الحركى المتأخر فعند الاحتفاظ بالذراعين ملاصقين للجسم أثناء القفز على الحصان ثم تحريكهما فجأة للاستناد المتأخر على الحصان سوف يؤدى ذلك إلى بذل القوة بصورة مفاجأة مما يؤدى إلى عدم الانسيابية وعدم الاقتصاد فى الطاقة نتيجة لتوقعه الحركى المتأخر لهدف المهارة.

٧ ـ جمال الحركة :

يعتبر جمال الحركة ظاهرة خارجية يمكن ملاحظتها عن طريق التوافق الحركى بين حركات أجزاء الجسم المختلفة خلال المسار الحركى للمهارة الرياضية وتتناسب هذه الحركات بصورة عامة مع هدف المهارة الحركية.

إن الأقسام السبعة السابقة تشكل الظواهر المهمة للحركات وتبحث العلاقة بين شكل الحركة الظاهرى وهدفها وإن لبعض هذه الأقسام علاقة بقوانين ميكانيكية الحركة أو فسيولوجيتها والتى عن طريقهما وضعت لها بعض التعاليل. إن هذه القوانين يمكن

تحويلها إلى الكمية بقصد قياسها والاستفادة منها فى الحياة العملية، كما وأنه لاتوجد لهذه الاقسام السبعة حدود ثابتة وإنما تشترك جميعها فى إعطاء الشكل الخارجى للحركة، وتكون درجات تأثيرها ووضوحها مختلفة فى حركة عن أخرى.

إن استيعاب هذه الأقسام من قبل مدرس التربية الرياضية والمدرب تساعد كثيرا فى أداء واجبه فحينما يقارن المدرس حركة تلميذة مع الحركة النموذجية التى وضعها فى فكره يجذب نظره إحدى هذه الاقسام والتى تحتاج إلى تصحيح. وأما الحركات الزائدة وغير الضرورية لتعليم حركة ما فإنها تهمل وعليه فإن الاقسام السبعة هى التى تثبت وتعين التوافق الحركى.

٣ ـ مبدأ الأصالة:

يرى مانيل (١٦ : ٧٤) أن هذا المبدأ ينطبق على المهارات التعبيرية ومهارات العروض الرياضية وأحيانا الرقص والجمباز.

ونضيف أن الحكم على هذه المهارات يكون من ناحية مطابقتها للفحوى والشكل وليس من ناحية غرضها واقتصاديتها.

وأرى أن مفهوم الاصالة أو المطابقة هنا لايمكن فصله عن مبدأ الهدف ومبدأ الاقتصاد فى الجهد لأنه من المعروف أن لكل مهارة هدف وهذا الهدف يحدد بمواصفات ومحددات تعكس فى مضمونها فحوى وشكل المهارة، فمثلا مهارة صعود الكب الطويل على جهاز المتوازيين يتحقق هدفها بالصعود من وضع التعلق إلى وضع الارتكاز على أن يتم مرجحة الجسم من الخلف للأمام من وضع التعلق ثم ثنى مفصلى الفخذين كاملا على أن تمد زاويتا مفصلى الفخذين عند الوصول لوضع الارتكاز وتكون الصفة الغالبة على الأداء هى المرجحة، وبهذه المحددات نكون وصلنا إلى محددات لشكل الحركة وواجبها الحركى عن طريق هدفها ولكى يتم الواجب الحركى بأحسن أداء يجب تنظيم الحركات التى تساعد فى الوصول إلى الهدف المطلوب بأقل جهد بمعنى تحقيق الانسجام بين التوافق الحركى للحركات المشتركة فى أداء الواجب الحركى مع الإمكانات الحركية للاعب فإذا ما أديت المهارة فى إطار المحددات السابقة أى تحقق الهدف باقتصاد فى الطاقة وفق المحددات والمواصفات الخاصة بهذه المهارة تتصف بالأصالة ويصبح الأداء حاذقا والعكس صحيح فإن الإخلال بأى مبدأ من المبادىء الثلاثة السابقة يؤدى إلى الحكم بعدم أصالة المهارة وبالتالى إلى رداءه الأداء.

الفصل الحادى عشر

أسس ميكانيكية حركية

---

١ ـ أساس قوة البداية والوضع الأنسب لاخراج القوة القصوى.

٢ ـ أساس أنسب مسافة لمسار العجلة.

٣ ـ أساس التوافق الزمنى للدفوع الفردية.

٤ ـ أساس رد الفعل.

٥ ـ أساس الحصول على الدفع (بقاء كمية الحركة الزاوية).

الفصل الحادى عشر

أسس ميكانيكية حركية

(الأسس الحركية)

ذكرنا فيما سبق أن جسم الإنسان كجهاز حركى يتصف بخصائص ميكانيكية بيولوجية (حيوية) يتحتم علينا وضعها موضع الاعتبار عند دراسة ميكانيكية حركة جسم الإنسان، ويعنى هذا أنه عند إيجاد المنحنى الخصائصى للتكنيك الأنسب لأى نوع من أنواع النشاط الرياضى أن يعكس هذا المنحنى الاستخدام الأنسب للقواعد الميكانيكية وفقا للاستعدادات والخواص البيولوجية الموجودة فى الجهاز الحركى للإنسان.

وعند دراستنا لأهداف الحركات الرياضية لأنواع الأنشطة المختلفة التى يمارسها الفرد، نجد أن أغلبها يستهدف الوصول إلى أعلى ارتفاع - مثل الوثب العالى والقفز بالزانة - أو إلى أبعد مسافة مثل - الوثب الطويل ودفع الجلة أو رمى القرص - أو إلى قطع مسافات متباينة فى أقل زمن ممكن (الأسرع) مثل سباقات الجرى والتتابع.. الخ - أو إلى رفع ثقل (الأقوى) مثل رفع الأثقال أو بذل مقاومة ضد ثقل الجسم كما يحدث فى الجمباز والغطس أو مقاومة ثقل الزميل مثل المصارعة... الخ.. ويعنى ذلك من الناحية الميكانيكية بذل شغل ميكانيكى ضد مقاومة خارجية أو استخدام الطاقة الميكانيكية بأكبر درجة ممكنة.

وانطلاقا من هذه الأهداف واعتمادا على المنحنيات الخصائصية للتكنيك الأنسب لكثير من الأنشطة الرياضية المتنوعة تمكن هوخموث من وضع خمس أسس عامة للحركة تحتوى على المعلومات العامة التى تساعد على الاستخدام الأنسب للقوانين الميكانيكية والبيولوجية خلال أداء المهارات الرياضية، نلخصها فيما يلى:

١ - أساس قوة البداية والوضع الأنسب لإخراج القوة القصوى:

يمثل تكامل دالة القولة (ق) مع الزمن للخطتين ($ن_1$، $ن_2$) مقدار تأثير القوة المعروف بدفع القوة، ويساوى هذا الدفع مقدار التغير فى كمية الحركة الذى سبق شرحه وصياغته فى المعادلة التالية :

$$\int_{\text{ن}_1}^{\text{ق}_2} \text{ق (ن) د ن} = \text{ك} \left(\text{ع}_2 - \text{ع}_1\right) \quad . \ldots (٥٤)$$

وكلما كان التكامل أكبر بمعنى كلما كانت المساحة تحت منحنى القوة مع الزمن أكبر كان مقدار كمية الدفع أكبر.

ومما لاشك فيه أن الشخص الرياضى المدرب يتمتع بقوة مطلقة أكبر من الطفل وعليه فإن المساحة تحت منحنى القوة مع الزمن بالنسبة له أكبر من المساحة المناظرة لها بالنسبة للطفل، ولذا لابد من التأكد عما إذا كانت خاصية منحنى القوة مع الزمن لها فعالية على محتويات المساحة - بمعنى آخر على مقدار دفع القوة - فى حالة استخدام نفس القوة، ومن هنا يبرر التساءل التالى:

هل يلعب اختلاف خصائص منحنى القوة للاعبين لهما نفس القوة دورا هاما فى تحديد مقدار الدفع؟

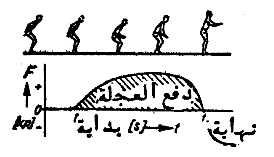
وللإجابة على هذا التساؤل نضرب المثال التالى:

نفرض أن لدينا لاعبان لهما نفس القوة تماما وقاما بحركة واحدة مع اختلاف كل منهما عن الآخر فى توزيع مقادير قوته أثناء أداء الحركة، مما يؤدى إلى وجود منحنيين مختلفين لقوة كل منهما مع الزمن، فهل يؤثر ذلك على مقادير دفع القوة أو على المساحة الناتجة تحت دالة القوة مع الزمن؟

فى الواقع أنه إذا كانت مسافة العجلة غير محددة فإن ذلك لايؤثر على خاصية منحنى القوة، وسيتساوى بذل قوة كبيرة فى زمن قصير مع بذل قوة صغيرة فى زمن كبير لأن حاصل الضرب سيكون واحدا.

إما إذا كانت مسافة العجلة محددة فإنه يتحتم أن يكون تأثير القوة كبيرا منذ البداية حتى النهاية على طول مسافة العجلة، حتى تحصل على مساحة كبيرة لدفع القوة. وهذا هو الحال فى الحركات الرياضية لأن طول مسافة العجلة محددة تشريحيا بالنسبة للإنسان.

فمثلا - عندما يثب اللاعب من وضع الوقوف. ثنى الركبتين بدون عمل حركة مرجحة تمهيدية، نحصل على العلاقة الممثلة بالشكل (٨٧) التالى:



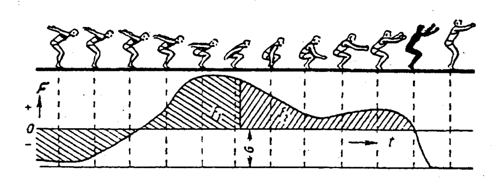
شكل (٨٧) وثبة غير مصحوبة بمرجحة تمهيدية

ويلاحظ أن القوة العضلية تعمل قبل بداية الوثب على موازنة قوة الجاذبية فى وضع الابتداء بمعنى أن محصلة القوى تساوى صفر. ولكن بمجرد أن يزيد مقدار قوة العضلات عن وزن الجسم (قوة الجاذبية الأرضية) بمعنى أن تصبح محصلة القوى موجبة وتتجه إلى أعلى، يبدأ حدوث الحركة. وباستمرار زيادة قوى العضلات يتسارع الجسم بشدة أى تتزايد سرعته ويظل تزايد هذه السرعة مستمرا خلال حركة مد مفاصل الجسم ـ التى كانت فى حالة ثنى ـ حتى تصل إلى المد الكامل لها لحظة انتهاء الدفع، ويعنى هذا انتهاء تأثير القوة وأن الجسم وصل فى هذه اللحظة إلى سرعته القصوى، وبما أن الجسم يقع تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية فقط أثناء طيرانه وهى تعمل على إيقاف الحركة فإن المحصلة تصبح سالبة، ونجد أن لهذا التسلسل مساوئه التى تنحصر فى أن القوة المحصلة (ق) تتميز بأن قيمتها فى البداية تكون صفرا مع ضرورة انقضاء فترة زمنية معينة قبل أن تزداد قيمة (ق) وتصبح ذات قيمة أكبر. أما فى حالة الوثب لأعلى من وضع الوقوف المصحوبة بمرجحة تمهيدية وذلك بثنى الركبتين قليلا أولا ثم الوثب لأعلى فإن قوة الجاذبية تعمل أولا على هبوط الجسم إلى أسفل ولذلك تعمل قوة العضلات على إيقاف هذا الهبوط ويكون تأثيرها فى اتجاه عكس اتجاه تأثير قوة الجاذبية الأرضية أى إلى أعلى. ولذا يجب أن تتواجد قوة عضلية أكبر من قوة الجاذبية بمعنى أن يكون هناك قوة إيجابية وهذه ميزة كبيرة أن تتواجد قوة محصلة إيجابية متجهه إلى أعلى عندما يكون مركز ثقل كتلة الجسم فى وضع منخفض بمعنى عند بداية حركة الوثب لأعلى الاصلية وهذه القوة الإيجابية هى التى تسمى بقوة البداية وينتج عن ذلك اكتساب المساحة السوداء المبينة فى شكل (٨٨) نتيجة لوجود قوة البداية وذلك على عكس ما حدث فى الحركة الأولى ـ الوثب لأعلى من وضع (الوقوف ثنى الركبتين) ـ

بدون حركة تمهيدية. ولا يتيسر ذلك إلا إذا تمت عملية الانتقال من الثنى إلى المد بطريقة انسيابية.

وفى المثال السابق نجد أن هناك نوعين من الدفع أحدهما يتم أثناء الحركة التمهيدية (حركة ثنى الركبتين قبل الوثب) وهذا ما يسمى بدفع الإيقاف والذى يمكن ملاحظته فى الصور من (٤) إلى (٦) والآخر يتم أثناء مد الركبتين ويعرف بدفع العجلة ويمكن ملاحظته فى الصور من (٧) إلى (١٣) شكل (٨٨).

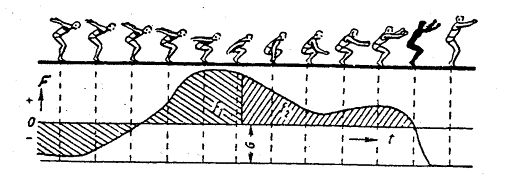
ومن خلال التجارب المتعددة أمكن تحديد النسبة بين كل من الدفعين وهذه النسبية تتراوح فى حركة الوثب لأعلى من الوقوف بين ١٥٪ : ٤٥٪ ولقد بنيت هذه النسبة على الأسباب التالية :



شكل (٨٨) الوثب لأعلى مصحوب بحركة تمهيدية

ستكون الميزة التى يكتسبها اللاعب بسيطة فى حالة وجود قوة بداية إذا كانت الحركة التمهيدية صغيرة لأن مقدار دفع الإيقاف الناتج عندئذ لن يتيح لقوة البداية أن تصل إلى المقدار المنشود لها.

كذلك فى حالة إحداث حركة تمهيدية كبيرة (ثنى الركبتين كاملا قبل حركة الوثب لأعلى) سيجعل الانتقال من الثنى إلى المد على درجة كبيرة من الصعوبة ولذلك كان لابد من وجود نسبة محددة لاتتعداها قيمة كل من دفع الإيقاف إلى دفع العجلة، ومن ناحية أخرى فإن هناك حدوداً لقوى العضلات تضعها قوانين فسيولوجيا العضلات ويبين الشكل (٨٩) انخساف قوى العضلات نتيجة الإيقاف الشديد أثناء الحركة التمهيدية. (٦ : ٣١٩).



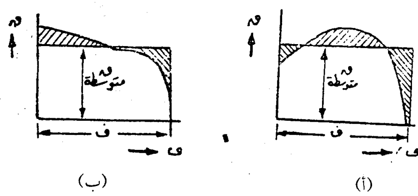
شكل (٨٩) الوثب المصحوب بحركة تمهيدية شديدة

والآن يهمنا أن نعرف ما إذا كان لطريقة سير منحنى القوى بعد ذلك أى تأثير على النتيجة النهائية، فحسب قوانين الميكانيكا الحيوية نعلم أننا نحقق أكبر نجاح ممكن إذا اتخذت قوى العضلات قيمة مطلقة ثابتة أثناء فترة العجلة، ولكن دلت التجارب والخبرة العملية أن ذلك لايمكن تحقيقه وأن العضلات تصل إلى قيمة مطلقة لفترة قصيرة جداً ولا تثبت عندها.

والواقع أن توزيع القوة العضلية على مسافة العجلة لن يكون له تأثيرا إذا كان متوسط القوة ثابتا فى الحالتين إذا كانت مسافة العجلة ثابتة فى الحالتين لأن الشغل الناتج سيكون ثابتا:

$$\int_{\text{ف}_1}^{\text{ف}_2} \text{ق (ف) د ف} = \text{ط}_2 - \text{ط}_1 = {}^1\!/_2\,\text{ك}\,(\text{ع}_1^2 - \text{ع}_1^2) \ldots \quad (55)$$

ونلاحظ فى الشكل (٩٠) أن الزيادة فى الطاقة ستكون متساوية فى الحالتين أ ، ب فى حالة تساوى القوة المتوسطة ق وكذلك مسافة العجلة رغم اختلاف توزيع القوة فى كل منهما عن الأخرى.



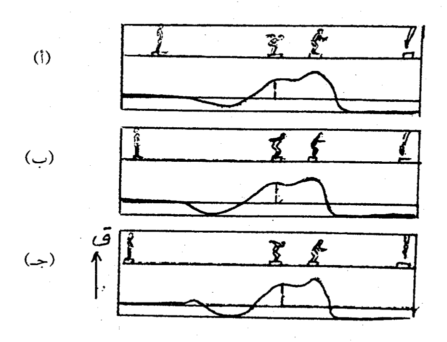
شكل (٩٠) تساوى الزيادة فى الطاقة فى حالة تساوى القوة المتوسطة

ومن الناحية البيولوجية نرى أن الإيقاف الشديد أثناء حركة ثنى الركبتين مع الانتقال الانسيابى من الثنى إلى المد سوف تجعل قوى العضلات إلى الحد الأقصى لها تأثيرا عند نهاية حركة المد وستكون جميع ألياف العضلات المساعدة عند نهاية عملية الإيقاف في مثل الحالة السابقة قد تخطت عقبة الإثارة بمعنى أن جميع الألياف تجهز نفسها لكى تقصر ولسوف تجبر على التمدد بفعل حركة الثنى التى تعتبر حملا خارجيا ولذلك تعمل على إيقاف ذلك بالقوة المطلقة لها وعليه سوف تتواجد القوى القصوى عند بداية العجلة .

فهل هناك تأثير على الحركة عند بذل القوة القصوى عند بداية العجلة (عند بداية المد في المثال السابق)؟ .

الواقع أن ذلك يعنى ضياع جزء من الطاقة الميكانيكية وتسخيره لإيقاف عملية الإيقاف الشديد وبما أن مقدار الطاقة الكيميائية التى تتحول فى العضلات بسرعة إلى طاقة ميكانيكية مقدارا محددا، لذلك يجب علينا استغلاله أساسا فى أحداث العجلة، أما إذا استخدمت هذه الطاقة أو حتى جزء منها فى إيقاف الفرملة فإن ذلك سوف يؤثر على عجلة التزايد، ولاشك أن ثنى الركبتين كاملا فى الحركة التمهيدية يعتبر أكثر ملاءمة من الناحية الميكانيكية حيث يتيح أكبر مسافة للعجلة ولكنه غير ملائم من الناحية البيولوجية كذلك يجب أن تبذل العضلات كل قوتها بانتهاء عملية المد، والشكل (٩١ ـ أ) يبين حركة ثنى الركبتين كاملا فى الحركة التمهيدية والذى يعتبر أكثر ملاءمة من الناحية البيولوجية، كذلك يجب أن تبذل العضلات كل قوتها بانتهاء عملية المد. والشكل (٩١ ـ ب) يبين حركة ثنى الركبتين وبذل القوة القصوى عند بداية حركة المد، والشكل (٩١ ـ جـ) يبين حركة ثنى الركبتين وبذل القوى القصوى فى منتصف مسافة العجلة بالنسبة لحركة مد الركبتين.

مما سبق يمكننا استخلاص أن أى عملية مد بغرض الوصول إلى سرعة نهائية عالية ـ كالوثب أو الرمى أو الدفع ـ يجب أن تتم بعد التمهيد لها بعملية ثنى على شكل مرجحة بحيث تتواجد قوة موجبة لعجلة التسارع عند بداية المد عن طريق إيقاف حركة الثنى الانسيابية، وبذلك يصبح دفع العجلة أكبر بصفة عامة مع ملاحظة بأن تكون



شكل (٩١) منحنى (القوة الزمن) وأنسب وقت لبذل القوة القصوى فى حركة الوثب لأعلى

نسبة دفع الإيقاف إلى دفع العجلة ١ :٣، كما يتحتم بذل القوة القصوى للعضلات - طبقا للخواص الميكانيكية لجهاز الحركة الإنسانى وحسب الظروف البيولوجية للانقباض العضلى - فى النصف الثانى من مسافة العجلة بالنسبة لحركة المد، ويجب مراعاة أن ذلك يتوقف على اختلافات الفروق الفردية من لاعب لآخر وهى دائما تعتمد على العوامل التالية:

أ - التكوين الجسمانى للاعب.

ب - حالة اللاعب التدريبية.

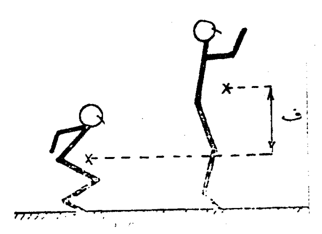
جـ - القوة القصوى كأساس للقوة المتفجرة.

٢ - أساس أنسب مسافة لمسار العجلة:

يعنى زيادة الطاقة من الناحية الميكانيكية البحتة زيادة مسافة العجلة نفسها. وهذه النتيجة سبق شرحها عند التحدث عن الطاقة وصيغت فى المعادلة التالية:

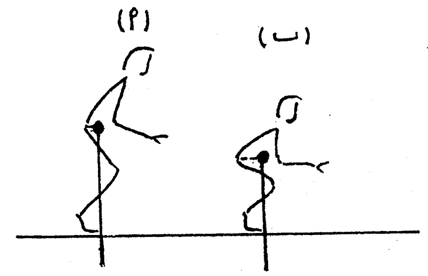
$ق_{٢} \times ف = طح_{٢} - طح_{١} = ١/٢ ك (ع_{٢}^{٢} - ع_{١}^{٢})$ . . . (٥٦)

ويحدد مسافة العجلة فى حركة الوثب لأعلى الفرق بين موضع مركز ثقل كتلة الجسم فى وضع الإقعاء ووضعه فى وضع مد جميع مفاصل الجسم لحظة انتهاء الدفع وترك الأرض أى من الوضع المنخفض إلى الوضع المرتفع كما مبين فى شكل (٩٢).



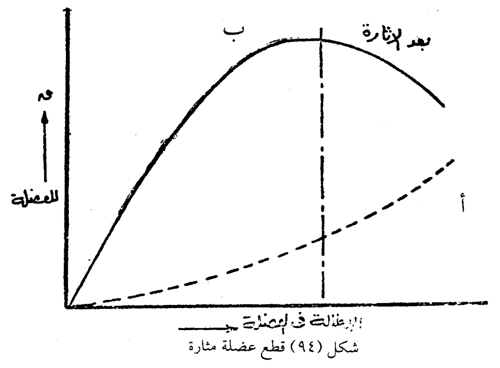
شكل (٩٢) مسافة العجلة فى الوثب الأعلى

ويعنى ذلك أن مسافة العجلة فى هذه الحالة تتوقف على مدى عمق حركة ثنى مفاصل الجسم للوصول لأدنى وضع لمركز ثقل كتلة الجسم، فكلما زاد عمق حركة ثنى مفاصل الجسم كلما كانت مسافة العجلة أطول، ولكن من ناحية أخرى سوف يترتب على ذلك زيادة حدة الزوايا بين مفاصل القدم والركبة والحوض مما يترتب عليه ابتعاد محاور الدوران لهذه المفاصل عند خط عمل قوة الجاذبية الأرضية فيزداد عزم قوة الجاذبية على العضلات المادة التى تعمل على مقاومة هذا العزم والتغلب عليه كما فى شكل (٩٣).



شكل (٩٣) عزم قوة الجاذبية فى الحالة (أ) أصغر منه فى الحالة (ب)

ويسبب الثنى الشديد فى المفاصل مساوىء فسيولوجية إلى جانب المساوىء الميكانيكية السابق ذكرها، حيث أثبتت التجارب الفسيولوجية على العضلات وألياف العضلات أن هناك نهاية قصوى لمسار الإجهاد مع الانفعال للعضلات كما فى شكل (٩٤).



شكل (٩٤) قطع عضلة مثارة

حيث يمثل المنحنى (أ) مسار الإجهاد لعضلة فى حالة سكون (غير مثارة) ويبين الخواص الميكانيكية لها. ويظهر فيه أن هناك انخفاض فى معامل المرونة بعد حوالى ٣٠ ـ ٤٠٪ من التمدد فى حالة السكون، كما لانلاحظ أى تمدد شديد، ويمثل المنحنى (ب) مسار الإجهاد لعضلة فى حالة إثارة على ضوء الخواص الميكانيكية والفسيولوجية لها. ويلاحظ فى الشكل السابق أن نهاية الإجهاد القصوى حدثت عند درجة كبيرة معينة من التمدد، إلا أن هذه الدرجة غير معروفة لدينا حتى الآن بالضبط، لذلك يعتقد أن حركة الانثناء الشديد ـ بغرض استغلال أكبر مسافة عجلة ممكنة ـ سوف تتسبب فى تمدد العضلات الشديد وكذلك وصول عزم قوى الجاذبية إلى أقصى قيمة ممكنة لها مما يؤثر بالتالى عكسيا على استغلال مسافة العجلة الطويلة التى حاولنا استخدامها، وخاصة إذا ما صاحبت حركة الثنى مرجحة إضافية بالذراعين مثلا فإن ذلك سوف يزيد من الخطورة فى تخطى حدود التمدد العضلى. كل هذه العوامل تدفعنا إلى أن تكون حركة الانثناء متوسطة وغير مبالغ فيها.

وقد أثبتت التجارب العملية على اللاعبين فى الوثب الأعلى أن هناك علاقة مستقيمة بين السرعة التى وصل إليها اللاعب (سرعة م/ث/ج لحظة الطيران) وبين مسافة العجلة.

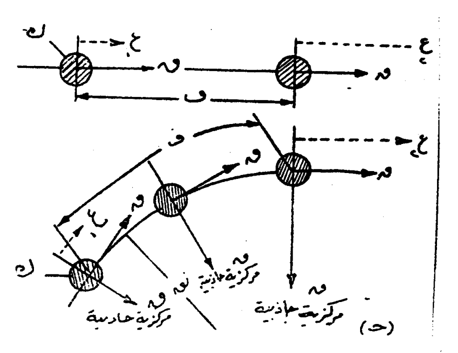
ومادامت نسبة دفع الإيقاف فى الحركة إلى دفع العجلة كبيرة فى حدود المسموح به، فإن زيادة مسافة العجلة يقابلها دائما زيادة فى السرعة رغم العوامل الأخرى المؤثرة، أما فى حالة اختلاف هذه النسبة أو خروجها عن المسموح به (كما فى الأساس الأول) كأن تتقدم قوة البداية أو تحدث حركة اعدادية شديدة أثناء الثنى إلى أسفل فنرى أن المنحنى سوف يهبط.

ولاشك أن مراعاة هذه العوامل سيكون له تأثير فعال خاصة مع اللاعبين ذوى المستوى العالى وخاصة لاعبى الكرة الطائرة وكرة السلة.

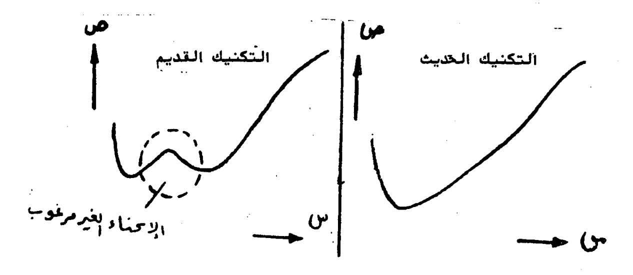
والآن دعنا نتحدث عن ما يجب مراعاته بالنسبة لمسار مسافة العجلة ففى حالة تحرك جسم بعجلة فى خط مستقيم فسيتبع ذلك طاقة حركية وبالتالى سرعة للجسم ناتجة عن قوة العجلة فى اتجاه السير وطول مسافة العجلة، فإذا قارنا نفس الجسم فى حالة تحركه فى خط منحنى، نجد أنه يحتاج إلى بذل قوة أكبر حتى يصل إلى نفس السرعة فى الحالة الأولى عند ثبات طول مسافة العجلة فى الحالتين.

حيث أنه سوف يحتاج إلى قوة جاذبة مركزية بالإضافة إلى قوة العجلة فى الخط المستقيم حتى يستمر الجسم فى الحركة فى خط منحنى والقوة الجاذبية المركزية دالة للسرعة المحيطية ونصف قطر الدوران ـ لذا فهى تزداد بزيادة السرعة ونقصان قطر الدوران شكل (٩٥).

مما سبق يتضح أنه كلما كانت مسافة العجلة مستقيمة بقدر الإمكان كلما أمكن عدم الإسراف أو ضياع القوة، ويتضح ذلك عمليا عند مقارنة عداء سباق ٢٠٠ متر عدو يجرى فى خط مستقيم بآخر يجرى فى خط منحنى أو قوس. كما يبين الفرق بين التكنيك القديم والحديث فى دفع العجلة ومحاولة جعل مسافة العجلة فى خط مستقيم بقدر الإمكان بعد إلغاء الانحناءات التى كانت موجودة فى التكنيك القديم شكل (٩٦).



شكل (٩٥) مقارنة جسم يتحرك فى خط مستقيم بآخر يتحرك فى خط منحنى



شكل (٩٦) تكنيك دفع الجلة

ومن ناحية أخرى لايجب أن نطبق معلوماتنا عن مسافة العجلة الطويلة المستقيمة شكليا بمعنى أنه يمكن التصرف فيها والمثال التالى يبين ذلك فقد استطاع الأسبانى اراسكوين Araskwen أن يرمى الرمح بتكنيك جديد أثار كثيرا من النقاش. ولما كان الرمى قد تم بحركة دائرية فإن البعض اعتقد أنه ليس إذن من الأنسب أن تكون مسافة العجلة مستقيمة حيث أن المسافة الدائرية أتت بنتائج أفضل من المسافة المستقيمة

المعمول بها فى التكنيك الحالى، ولكن الواقع أن التكنيك الجديد للأسبانى حقق فائدة كبيرة بدرجة تسمح بالتضحية بالخسارة الناتجة عن استخدام مسافة عجلة دائرية. وقياسا على ذلك يستخدم الفرد مسافة العجلة الدائرية عند رمى القرص ليحصل على أطول مسافة ممكنة للعجلة، أما فى حالة الوثب لأعلى مثلا فلا يستطيع الفرد استخدام أطول مسافة ممكنة للعجلة لأن الانثناء الشديد لأسفل يجعل حركة المد لأعلى فى غاية الصعوبة ولذلك نقول إن الإمكانات التشريحية لاتسمح فى مثل هذه الحركة باستخدام أطول مسافة ممكنة للعجلة، ومن هنا وجب على الفرد عند تطبيقه لهذه المعلومات من حيث طول واستقامة مسافة العجلة أن يربط ذلك بنوع الرياضة أو الحركة الرياضية ومدى إمكانية تحقق ذلك بقدر الإمكان بمعنى ألا يكون التطبيق مطلقا دون النظر إلى نوع الحركة ومناسبة ذلك لها.

يمكن تلخيص ما سبق فى ما يلى:

يرتبط استخدام مسافة العجلة التشريحية الممكنة إلى أقصى درجة بنوع كل رياضة على حدة، لذلك تعتبر استقامة العجلة بمثابة اختبار لمدى ملاءمة القوة للقواعد الموضوعة (قوانين المسابقات).

٣ - أساس التوافق الزمنى للدفوع الفردية:

تدل الشواهد التجريبية أنه عندما يثب اللاعب من الثبات يقطع مسافة أقل من التى يقطعها عندما يثب من الجرى.

كما يلاحظ أيضا خلال رمى الرمح أو دفع الجلة حيث تقل مسافة الرمى من الثبات عن مسافة الرمى المصحوبة بحركة تمهيدية ومن المعروف أن الحركة الرياضية تزداد شدتها إذا صاحبتها حركة مرجحة للذراعين أو الرجلين، كما أنه يوجد كثير من الحالات التى يفشل فيها التوافق الزمنى للجرى أو لحركة المرجحة مع حركة الوثب أو الدفع الأصلية مما يؤدى إلى هبوط المستوى الرياضى.

ومن الممكن أن تتحقق من صحة انتقال سرعة حركة الجرى نسبيا إلى سرعة حركات الوثب أو الرمى أو الدفع، ولكن من الصعب إدراك ذلك بالعين المجردة لأن سرعة الحركة لا تتيح للفرد إمكانية تقدير التوافق الزمنى الصحيح لمرجحة الذراعين، أو الرجلين مع الحركة الأصلية.

ولإيضاح القواعد التى بنى عليها هذا الأساس نأخذ حالتين من حالات التوافق الزمنى للدفع الإضافى وهما :

أ ـ الحالة الأولى:

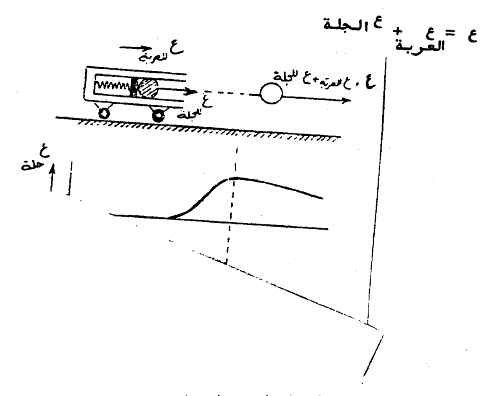
فى هذه الحالة سوف تكتسب نهاية طرف السلسلة الكينماتيكية لجهاز حركة الإنسان ـ اليد أو القدم مثلا ـ سرعة كبيرة لتتمكن من دفع أو رمى جسم غريب مثل الجلة أو الرمح.

ولايضاح العلاقات الميكانيكية نضرب المثال التالى :

نفرض أن عربة تتحرك فى خط مستقيم، يوجد بداخلها جهاز يمكنه أن يقذف جلة فى اتجاه سير العربة شكل (٩٧).

فإذا سارت العربة بسرعة ثابتة، فإن سرعة الجلة ستكون هى نفس سرعة العربة باستمرار.

وإذا أطلقت الجلة أثناء سير العربة فإن سرعتها ستكون حاصل جمع، سرعة الجلة (ع العربة = ع + ع الجلة).



شكل (٩٧) جمع السرعات

ويسرى ذلك أيضا فى حالة سير العربة بسرعة متغيرة، وفى مثالنا هذا سوف تصل سرعة العربة فى لحظة ما إلى نهايتها القصوى.

ولعله من السهل إدراك أن الجلة سوف تصل إلى سرعتها القصوى إذا وصلت سرعتا العربة والجلة إلى نهايتهما القصوى فى لحظة واحدة ويمثل هذه النتيجة شكل (م) بعد جمع سرعة العربة (ع عربة) مع سرعة الجلة (ع جلة).

وتنطبق هذه الحالة فى الحياة الرياضية إذا كان عرض الحركة هى رمى أو دفع جسم غريب مثل الرمح أو الجلة أو الكرة بسرعة كبيرة باستخدام اليد أو القدم.

مما سبق يمكن استخلاص أن اليد أو القدم يجب أن تصل إلى سرعتها القصوى لحظة وصول مركز ثقل الجسم كله إلى سرعته القصوى ولكننا نعلم من الأسس البيوميكانيكية أن السرعة تصل إلى نهايتها القصوى عندما تصل العجلة إلى الصفر. بمعنى عندما يبطل تأثير القوة، وعلى ذلك يمكن صياغة هذا الأساس على النحو التالى:

يجب أن ينتهى تأثير جميع القوى المشتركة فى الحركة المسببة للعجلة فى لحظة واحدة. وهذا يعنى بالنسبة لدفع الجلة مثلا: أنه يجب أن يتوافق تأثير قوى العضلات المادة للأطراف السفلى زمنيا مع تلك التى تعمل على تحريك الجلة بعجلة بواسطة الذراع بحيث تنتهى جميعا فى زمن واحد.

ب ـ الحالة الثانية:

نفرض أن لدينا جسم أجوف شكل (ك) كتلته ($ك_١$) يتحرك بواسطة زنبرك من فوق سطح الأرض، وبداخله زنبرك آخر يمكن أن يقذف جسما آخر ذا كتلة أصغر ولتكن ($ك_٢$) ويتصل الجسمان بأستك لايسمح بانفصال الجسم الصغير عن الكبير.

فإذا تأملنا حركة مركز ثقل الجسمين معا أى $ك_١ + ك_٢ = ك$ فسنجدها تتأثر بكل من الزنبركين.

ففى حالة انطلاق الزنبرك الثانى الموجود داخل الجسم المجوف أولا فسوف ترى العين حركة الجسم الصغير فقط. ولكن فى الواقع أن مركز الثقل العام يتحرك أيضا وسوف يستمر فى حركته عند انطلاق الزنبرك الأول، حيث يصل مركز الثقل العام إلى أكبر سرعة ممكنة له عندما يتم تأثير الزنبركين فى وقت واحد.

لذا يجب أن نلاحظ قاعدة هامة بالنسبة للتوافق الزمنى للتأثير المشترك لقوتين معلومتين. ولادراك هذه القاعدة نحاول أولا أن نراقب الجسم الصغير على أساس أنه أطلق أولا شكل (٩٨)، ثم أعقبه إطلاق الجسم الكبير $ك_1$، سنلاحظ أن الجسم الكبير $ك_1$ سوف يصل إلى سرعته القصوى بمجرد انتهاء تأثير الزنبرك، ولكن فى هذه الحالة يكون الجسم الكبير فيها قد وصل إلى سرعته القصوى وحيث يكون الجسم الصغير واقعا تحت تأثير عجلة الجاذبية الأرضية. ولذلك ستكون سرعة الجسمين معا - مركز ثقل الجهاز كله - أصغر من تلك التى يمكن أن يتحقق لو أن التوافق الزمنى لتأثير قوتى الدفع (الزنبركين) كان قد تم بصورة سليمة، ويتحقق ذلك إذا وصل كل من الكتلتين $ك_1$، $ك_2$ إلى سرعتهما القصوى فى لحظة واحدة، بمعنى أن يتم تشغيل الزنبركين بتوافق بحيث ينتهى تأثير قوتهما فى لحظة واحدة شكل (٩٨).

ولحساب سرعة مركز الثقل العام، يجب علينا فى هذه الحالة ألا نهمل الكتل.

ووفق قانون كمية الحركة:

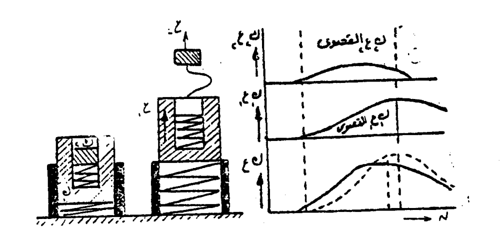
$$ك\ ع = ك_1 ع_1 + ك_2 ع_2 \quad حيث\ ك = ك_1 + ك_2$$

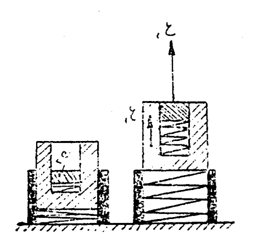
$$ع = \frac{ك_1 ع_1 + ك_2 ع_2}{ك_1 + ك_2}$$

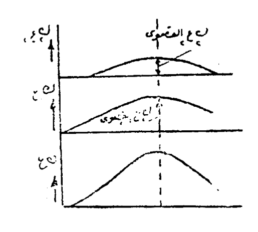
ويعتبر حاصل الضرب ك١ ع١ ، ك٢ ع٢ مساويا لكمية الحركة. ولذلك نجد أن القاعدة العامة فى الحالة (ب) هى نفس القاعدة العامة فى الحالة (أ) التى سبق ذكرها وهى:

يتحتم إنهاء تأثير جميع قوى العضلات المشتركة والتى تسبب العجلة فى نفس اللحظة.

ففى حالة حركة الوثب لأعلى بالقدمين من الوقوف، نجد أن مرجحة الذراعين تساعد حركة الأطراف السفلى، ويتم ذلك على أكمل وجه إذا كان امتداد مفاصل القدم والركبة والفخذين الذى ينتهى عنده تأثير القوى قد صاحبه فى نفس الوقت





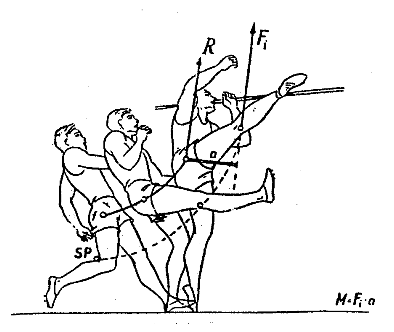


شكل (٩٨) التوافق الزمنى للتأثير المشترك لقوتين معلومتين

وصول سرعة مركز ثقل الذراعين فى حركة الصعود العمودية لأعلى إلى أقصى درجة بمعنى أن تصل قوى العضلات التى تعمل على تحريك باقى الجسم بعجلة - عن طريق مد المفاصل إلى أعلى - إلى الصفر أيضا.

ويسرى ذلك أيضا على الوثب العالى من الجرى بالنسبة لمرجحة الرجل الحرة، ويجب هنا أن تصل السرعة العمودية للرجل الحرة إلى أقصى قيمة لها فى نفس اللحظة التى تنتهى فيها مد الرجل الأخرى كما فى شكل (٩٩).

استنادا على ما سبق يمكن استخلاص أنه عندما تستهدف الحركة إكساب جسم غريب سرعة كبيرة باستخدام اليدين أو اليد الواحدة أو القدمين أو قدم واحدة، أو كان الغرض إكساب مركز ثقل الجسم نفسه سرعة كبيرة، فإنه يلزم أن تصل سرعات أجزاء الجسم المشتركة والناتجة عن العجلة إلى نهايتها القصوى جميعا فى نفس اللحظة.



شكل (٩٩) مرجحة الرجل الحرة فى الوثب العالى

لذلك كان من الضرورى جدا أن يتوافق تأثير جميع قوى العضلات المشتركة من أجل خدمة العجلة بحيث ينتهى تأثيرها جميعا فى لحظة واحدة. كذلك يلزم أن توجه سرعات مراكز ثقل جميع أجزاء الجسم المشتركة فى الحركة بقدر الإمكان فى الاتجاه المنشود عند وصولها إلى السرعة القصوى لها.

٤ ـ أساس رد الفعل :

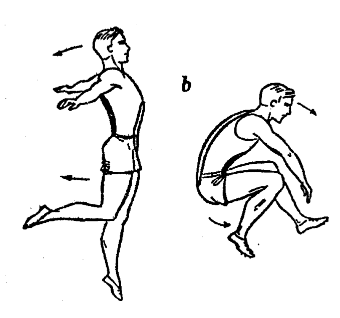
يطبق هذا الأساس فى كثير من أنواع الحركات، ففى العدو أو الجرى مثلا تتحرك الذراع اليمنى مع الرجل اليسرى فى نفس الوقت (شكل (١٠٠)، ولذلك تحدث حركة دوران عكسية فى كل من الكتف والحوض على المحور الطولى للجسم. وإذا أقلع الفرد عن أداء الحركة العكسية للذراع والكتف، فإن ذلك سيجعل عملية الجرى متعبة ومجهده جدا. علاوة على أنه سيصبح من المستحيل الوصول إلى سرعة عالية.

وقد بنى هذا الأساس على قانون نيوتن الثالث للحركة والذى ينصب على أن لكل فعل رد فعل مساو له فى المقدار ومضاد له فى الاتجاه، ويمكن للمرء أن يمثل التأثير المتبادل للحركة بين الجزء العلوى والسفلى للجسم باستخدام اسطوانة مثبتة على محور عمودى ذى احتكاك بسيط، وبذلك نجد أن كل حركة لأجزاء جسم اللاعب الواقف فوق هذه الأسطوانة سيقابله حركة عكسية للأسطوانة نفسها، فإذا حرك اللاعب ذراعيه جهة اليمين فإن الأسطوانة ستدور فى الجهة الأخرى أى جهة الشمال وستتبع حركة القدمين طبعا حركة الأسطوانة وبذلك تكون حركتها عكس حركة الذراعين.



شكل (١٠٠) قانون رد الفعل أثناء الجرى

ويمكن أن نشاهد مثل هذا التأثير المتبادل بين حركة الجزء العلوى والجزء السفلى من الجسم فى كثير من الحركات الرياضية، فنجد فى حركة الوثب الطويل مثلا أن ثنى الجذع للأمام على المحور العرضى سوف يقابل ثنى الرجلين لأعلى على نفس المحور مما يساعد على رفع مركز ثقل الجسم. كما يمكن استغلال ذلك فى الوصول إلى أوضاع الجسم الأنسب للهبوط بواسطة تحريك أجزاء الجسم المختلفة كما يحدث مثلا فى الوثب الطويل أيضا. حيث أنه من المهم ثنى الرجلين ثم مدهما للأمام حتى نصل إلى تحقيق أكبر مسافة وثب ممكنة شكل (١٠١).



شكل (١٠١) تطبيق قانون رد الفعل فى حركة الوثب الطويل (عن هوخموث)

ويتطلب ثنى الرجلين ثم مدهما للأمام ضرورة ثنى الجذع للأمام فى نفس الوقت وفقا لأساس رد الفعل. ،

وفى حالة ملامسة الجسم لسطح الأرض أثناء الحركات الرياضية فإن الفعل ورد الفعل يصبحان بين جسمين هما جسم اللاعب وسطح الأرض، ولذلك يأتى رد الفعل من الأرض، وكذلك نلاحظ أيضا أنه عند وقوف اللاعب عموديا مثلا ثم أدائه لحركة ثنى الجذع أماما، فإن ذلك لايترتب عليه ثنى الرجلين أماما كما حدث فى حالة الوثب الطويل أو العالى عندما كان الجسم حرا، وهذا يعنى أنه ليس هناك رد فعل من الطرف السفلى للجسم. والذى يحدث هو رجوع الحوض قليلا إلى الخلف حيث يصاحبه حركة بسيطة للجزء السفلى من الجسم بغرض حفظ توازن الجسم. أما بالنسبة لرد الفعل فالواقع أن الأرض هى التى تقوم به لكننا لانستطيع ملاحظة ذلك نظرا لكبر كتلة الأرض، بالنسبة لكتلة جسم الإنسان وكذلك صغر عجلة الأرض. وسينقل الجزء العلوى من الجسم ـ فى هذه الحركة ـ قوة الفعل إلى سطح الأرض ثم يحدث العكس حيث تنقل الأرض قوة رد الفعل من سطح الأرض إلى الجزء العلوى من الجسم. وذلك لأنه الجزء المتصل بالأرض.

ولكن الخواص الميكانيكية لجهاز حركة الإنسان كسلسلة كينماتيكية لها درجات كثيرة من حرية الحركة بالنسبة لأطرافها، جعلت بالإمكان حدوث تأثير للقوى بين أجزاء

هذه السلسلة بعضها البعض من ناحية، ومن ناحية أخرى حدوث تأثير لقوى الجسم كله ضد سطح الأرض حسب قانون رد الفعل. وبالنسبة لتأثير أجزاء السلسلة بعضها على بعض يمكن ملاحظة ذلك فى حركات رمى الكرة حيث يتحرك اللاعب بكتفه الأيمن مثلا إلى الخلف ليكتسب أكبر مسافة ممكنة للدفع. وفى نفس الوقت الذى يتحرك الحوض من الجهة اليمنى للأمام شكل (١٠٢) حتى يتوقف استمرار دوران الجسم مع حركة الكتف ولتسمح له بالدرجة التى تحقق مسافة العجلة المستقيمة فى الرمى.



شكل (١٠٢) قانون رد الفعل اثناء الرمى

ويمكن ملاحظة ذلك أيضا فى حركة تبادل لف الجذع أثناء العدو. ويجب هنا أن تنصح بعدم الشدة فى عملية لف الجذع حتى يمكن الاستفادة منها على أكمل وجه، كما تسرى هذه القواعد أيضا على كرة القدم أثناء الضربات الحرة.

مما سبق يمكن استخلاص أن قانون نيوتن الثالث ـ الفعل ورد الفعل ـ يستخدم فى الحركات الرياضية بغرض تحقيق أهداف الحركات على أكمل وجه ممكن على أساس أن جسم الإنسان كسلسلة كينماتيكية لها درجات كثيرة من حرية الحركة لكل طرف من أطرافها مما يجعله يمتاز بخواص ميكانيكية معينة.

وفى حالة الحركة الحرة ـ مرحلة الطيران أو السقوط الحر ـ تصل عن طريق حركات أجزاء الجسم (أطرف السلسلة) بالنسبة لبعضها إلى الأوضاع المناسبة لجسم الإنسان أثناء الطيران أو الهبوط. وفى الدفع من الأرض سوف تزداد مسافة العجلة ويشتد تأثير القوى وتضمن تحقيق الهدف عن طريق لف الكتف والحوض.

٥ ـ أساس بقاء كمية الحركة الزاوية (الحصول على الدفع) :

تحتاج بالنسبة للحركات الدائرية معرفة عزم القصور الذاتى بدقة إلى حد ما حتى يمكن استخدام قانون بقاء كمية الحركة الزاوية .

وينص هذا القانون على أن الدفع الكلى لحركة دائرية يظل ثابتا إذا كان حاصل ضرب عزم القصور الذاتى فى السرعة الزاوية ثابتا .

$ض_{١}$. ى = $ض_{٢}$. $ى_{١}$ حيث $ض_{١}$ = عزم القصور الذاتى

ى = السرعة الزاوية

وتلعب الخواص الميكانيكية لجسم الإنسان كسلسلة كينماتيكية لها أطراف متعددة يمكنها أن تتحرك بالنسبة لبعضها البعض دورا هاما فى تغيير شكل الجسم وبالتالى عزم القصور الذاتى له أثناء الحركة الدائرية .

فإذا كان الجسم فى الوضع الابتدائى متخذا الوضع (أ) فى الشكل (١٠٣) وكان عزم القصور الذاتى له هو ($ض_{١}$ = ٤ كجم . $م^{٢}$)، ويدور بسرعة زاوية مقدارها ($ى_{١}$ = ٥ , ٠ث) مثلا فإنه يجب عند اتخاذه وضعا آخر كما فى (ب) شكل (١٠٢) قيمة قصوره الذاتى ($ض_{٢}$ = ١٣ كجم. مث). وجب اتخاذه سرعة زاوية ($ى_{٢}$) أخرى بحيث يصبح حاصل الضرب فى طرفى المعادلة متساويا وبذلك تصبح السرعة الزاوية $ى_{٢}$ الجديدة

$$ى = ى_{٢} = ى_{١} \frac{ض_{١}}{ض_{٢}} = ٠,٥ \times \frac{٤}{١٣} = ٠,١٥٤ \quad (\frac{١}{ث})$$



شكل (١٠٣) تغيير مقدار عزم القصور الذاتى

ويتحتم على اللاعب أن يستغل قدرته على تغيير عزم قصوره الذاتى فى كثير من الحركات الرياضية أثناء الدوران، حتى يمكن أن يزيد من سرعة دورانه أو يبطئها.

وكثيرا ما نشاهد أثناء رياضة الانزلاق زيادة السرعة الزاوية بشدة عندما يضم اللاعب ذراعيه إلى جسمه نحو محور الدوران ثم هبوط سرعته عندما يمد ذراعيه جانبا.

كما يجب على لاعب الغطس أن يتحكم فى سرعته الزاوية عن طريق تغيير أوضاع جسمه أثناء أداء الغطسات حتى تتم الحركة دون أحداث رذاذا كثيرا.

ولنوضح العلاقة بين عزم القصور الذاتى والسرعة الزاوية نأخذ مثالا من الحركات الرياضية ولتكن الدورة الهوائية المتكورة الخلفية، الدورة الهوائية المستقيمة الخلفية على الأرض.

فلا شك أن الدورة الهوائية المستقيمة الخلفية أصعب من الدورة الخلفية المتكورة بكثير لأن الأولى عزم القصور الذاتى فيها يكون تقريبا ثلاثة أضعاف مقدار عزم القصور الذاتى فى الحركة الثانية ولذا فإن السرعة الزاوية تقريبا ثلث قيمتها فى حالة التكور. مما يتطلب عمل الدورة الهوائية على مسافة طيران وارتفاع كبير بمعنى أن يصل دفع الدوران والسرعة المحيطية لمركز ثقل الجسم إلى ثلاثة أضعافه فى حالة التكور.

كما يلعب قانون بقاء كمية الحركة الزاوية دورا هاما ايضا فى حركة الإنسان الدائرية غير الحرة كالحركة حول محور ثابت كما هو الحال فى حركات العقلة. وفى هذه الحالة تكون العلاقة المتبادلة بين كل من عزم القصور الذاتى للكتلة والسرعة الزاوية، متعاقبة مع تأثيرات القوة الإضافية.

ففى حركات الجمباز على عارضة العقلة، لايمكن بأى حال من الأحوال عمل حركات دوران كاملة (الدورة العظمى) إذا لم يتوفر للاعب على سبيل المثال إمكان الاستغلال الواعى لقيمة الدفع الذى يحصل عليه، ووفقا لما هو معلوم فى الميكانيكا كمبدأ هام يتعلق بالحصول على الطاقة، فإن ما يحدث فى أثناء الحركة البندولية على العقلة يمكن وصفه كما يلى:

فى وضع الاستعداد الذى تساوى فيه سرعة المسار صفرا، يكون لمركز ثقل الجسم مستوى عال خاص بالمقارنة بأدنى وضع له فى أثناء التعلق على عارضة العقلة مع مد الجسم، ومعنى هذا أن الارتفاع المناسب يتسبب ـ مثله مثل وزن الجسم نفسه ـ فى وجود طاقة كامنة داخل الجسم (طاقة وضع). وتتحول طاقة الوضع هذه إلى طاقة حركة فى طريق العودة بشكل متزايد، وعندما يصل الجسم إلى قاع المرجحة فلا يبقى إلا طاقة الحركة فقط، وعند القيام بحركة الصعود الأمامية مرة أخرى يحدث تغير عكس للطاقة، ولو كان من الممكن القيام بهذا الأمر دون الاحتكاك، لتمكن مركز ثقل كتلة الجسم من الوصول مرة أخرى إلى المستوى العالى الأول، إلا أنه بسبب وجود عامل الاحتكاك فإن جزء من الطاقة يتحول عادة إلى طاقة حرارية، وتعتبر هذه الطاقة الحرارية مظهرا من مظاهر فقدان الطاقة فى أثناء أداء الحركات الرياضية، لذا فإن مركز ثقل كتلة الجسم يحقق مع كل حركة بندولية من حركاته مستوى ارتفاع أقل قيمة دائما بشكل تصبح معه هذه الطاقة الكامنة المتوفرة فى أول الأمر طاقة حرارية بالكامل فى النهاية. ولذلك فإن الجسم يظل فى حالة ثبات فى أثناء أدنى وضع له.

ويجب علينا أن نعرف أن الإنسان قادر على القيام بحركة المرجحة باستغلال الحركات البندولية على عارضة العقلة وبطبيعة الحال يمكنه تحقيق ذلك بمساعدة قوته العضلية، حيث يمكنه أن يحصل بصفة دائمة على طاقات جديدة يستغلها فى العمل الحركى إلا أن هذا الأمر لايعتبر أن الإنسان يحرك نفسه بعجلة تزايدية عن طريق القوى العضلية، بمعنى تحريك مركز ثقل كتلة جسمه فى اتجاه المسار بشكل مباشر وهذا أمر لايتمكن الرياضى من تحقيقه إطلاقا، على أساس الإمكانات المتاحة ـ طابع رد فعل الارتكاز ـ وذلك لأن القوة فى أثناء حدوث الاحتكاك المنزلق تكون فى اتجاه قطرى فقط بالنسبة لعارضة العقلة، وفى اتجاه مماسى مضاد لقوة الاحتكاك المنزلق وتتضح هذه العلاقات بشكل أوضح فى أثناء حركات المرجحة على الحلق.

إلا أن لاعب الجمباز يستغل فى الحقيقة أساس الحصول على الدفع، فإنه عندما يقلل من عزم القصور الذاتى لكتلته فى أثناء حركة المرجحة إلى الأمام والتى يقارب فيها مركز ثقل كتلة الجسم من محور الدوران، يكون فى حقيقة الأمر قد زاد من

السرعة الزاوية على ما كانت عليه فى أثناء الحركة البندولية الخالصة، مما يجعل ذلك دفعا له إلى أعلى، وعلى أساس هذا المبدأ فإنه من الممكن للإنسان فى حالة توفر مرجحة ابتدائية قليلة أن يصل إلى تحقيق حركة الدوران الكاملة ضد تأثير قوة الجاذبية الأرضية أيضا.

كما أن الفرد يستخدم أساس الحصول على الدفع فى أثناء قذف القرص، حيث أن الرامى يبدأ حركة الدوران بأكبر من عزوم القصور الذاتى للكتلة الخاصة بجسمه، بما فى ذلك ما يتصل به من أداة الرمى، وبذلك يأخذ اللاعب وضعا لجسمه يقارب وضع الجلوس، بينما يكون ذراع الرامى وماهو ممسك به من قرص ممتدا بعيدا عن الجسم مثلها مثل الذراع الحر من حيث بعده عن الجسم بغض النظر عما يمكن من جعلها منثنية بزاوية صغيرة فى بعض الأحيان، وقرب نهاية حركة الدوران، حيث يقوم اللاعب بإقلال عزم القصور الذاتى للكتلة، وذلك بمد جسمه محدثا زيادة فى السرعة الزاوية، وفى نفس الوقت ينتقل دفع الدوران الخاص بجسم اللاعب إلى كتلة أداة الرمى، ويحدث هذا وفقا لأساس الحصول على الدفع، أى أن حركة إيقاف الحركة الدورانية للجسم لايحدث بسبب مؤثر خارجى وإنما يحدث كرد فعل للعجلة الكبيرة الخاصة بكتلة أداة الرمى، ومن الضرورى التعرف ـ بطريقة جيدة فى أثناء مسار الحركة ـ على أن القرص يتحرك وفقا لحركة الجسم الدورانية الابتدائية وذلك من أجل تجاوزه بعد ذلك الحركة الدورانية للجسم بسرعة انتقال الدفع ـ ولهذا فإن بقاء القرص فى الخلف فى وضعه الابتدائى يعد أمرا ضروريا من أجل توفير مسار عجلة بحد أقصى عند حدوث انتقال الدفع. (زمن أطول للانتقال).

ويمكن تلخيص ماسبق فيما يلى :

من أجل تحقيق الأداء الحركى الحاذق فى الحركات الدورانية يجب استغلال أساس الحصول على الطاقة بشكل خاص عن طريق استغلال إمكانية تغيير شكل الجسم وبالتالى تغيير عزم قصوره الذاتى. ويتم استغلال تغيير وضع الجسم بشكل ذكى فى توجيه السرعة الزاوية فى أثناء مرحلة الطيران (نظام الحركة الحرة). وفى حالة حركات الدوران التى يتوفر فيها الارتكاز على سطح الأرض، يكون اتجاه عجلة دوران

الأرض فى مستوى محور الدوران، فإنه يكون من الممكن حدوث زيادة فى مدى الحركة عن طريق تغيير وضع الجسم (تغيير عزم القصور الذاتى للكتلة) وذلك بأن يتم إبعاد مركز ثقل كتلة الجسم عن محور الدوران فى أثناء حركة الهبوط وتقريبه منه قليلا فى أثناء حركة الصعود.

فإذا ما اكتسبت حلقة أخيرة من السلسلة الكينماتيكية (يد أو قدم) سرعة عالية بقدر الإمكان عن طريق عجلة تزايدية فى مسار دائرى، فإنه يكون من الضرورى حدوث انتقال الدفع من الجسم إلى هذه الحلقة الأخيرة بالتالى، وذلك بعد حصول الجسم بأكمله على أكبر سرعة زاوية ممكنة فى أثناء حدوث أكبر عزم قصور ذاتى لكتلته التى يتم أيضا بمواصفة زيادة السرعة الأخيرة من حركة الجسم الدورانية أولا، وذلك لضمان تحقيق أكبر مسار للعجلة فى أثناء انتقال الدفع (زمن أقصى للانتقال).



الفصل الثانى عشر
تحليل تكنيك أداء بعض الأنشطة الرياضية

١ ـ الجمباز .

٢ ـ السباحة .

٣ ـ كرة السلة .

٤ ـ ألعاب القوى .

الفصل الثانى عشر

تحليل تكنيك أداء بعض الأنشطة الرياضية

Analysis of Sports Techniques

نماذج تطبيقية عن ميكانيكية الحركة فى الأنشطة الرياضية

يتناول هذا الفصل سرد النواحى التكنيكية التى أمكن التوصل إليها عن طريق تحليل الأداء الحركى فى مجالات الجمباز والسباحة، وألعاب القوى، وكرة السلة. كنماذج لاستخدام القوانين الميكانيكية وكيفية الاستفادة منها لرفع مستوى الأداء الحركى للاعبين، بهدف تمكين القارىء من الاطلاع على أساليب وطرائق دراسة الحركة الرياضية بصورة تمكنه من إجراء الدراسات المتشابهة فى التخصصات المختلفة.

١ ـ الجمباز Gymnastics :

الأسس الميكانيكية العامة والحيوية الخاصة برياضة الجمباز

إن تطبيق القوانين الميكانيكية على النظام الحيوى للإنسان فى حركات الجمباز له أهمية خاصة تتجلى آياتها فى التعرف على القواعد الدقيقة للحركة، وإمكانية تقديرها تحت الظروف المختلفة وتحديد الخطأ فى المسار الحركى واكتشافه وتصحيحه، وتقدير الأداء، وتحديد الطرق إلى استكماله وإتقانه، وإيجاد النتيجة النهائية للمسار الحركى، ووضع التوافق الخاص به عندما يتفق الهدف مع الحركة المطلوب أدائها.

ونظرا إلى أن المجال لايتسع لإيضاح كل العناصر والعوامل المؤثرة فى أداء حركات الجمباز، لذا فإننى سوف اقتصر على معالجة تأثير القوة فى أساليب الحركات المختلفة لما لها من أهمية خاصة باعتبار أن القوة هى المسبب الأول لجميع الحركات وإمكانية تغيرها.

* القوى الداخلية والخارجية :

يتأثر الأداء الحركى بتأثير القوى التى يمكن تقسيمها إلى داخلية وخارجية، ويكون تأثير القوى دائما ازدواجية التأثير، بمعنى أن تأثير أى قوة يجب أن يواجه تأثير مضاد هو رد الفعل.

إن القوة الداخلية بالنسبة لجسم الإنسان هى القوة التى من خلال تأثيرها المتبادل بين أجزاء الجسم يمكن للجسم أن يعدل نفسه، وعندئذ يكون للفعل ورد الفعل نقطة انطلاق فى جسم الإنسان . . وتنقسم القوى الداخلية لجسم الإنسان إلى مايلى :

أ - قوة المقاومة السلبية للأنسجة .

ب - قوة رد الفعل الداخلية .

جـ - قوة الشد العضلى .

أ - قوة المقاومة السلبية للأنسجة :

تتمثل فى قوة المقاومة الخاصة بالهيكل العظمى والأربطة ففى حركات الجمباز التى ترتبط فيها الأوضاع الجسمية يمكن تحرك الأجهزة الداخلية، وفى هذه الحالة يصبح جهاز التثبيت الخاص بالأجهزة الداخلية مصدر لقوة المقاومة لهذه الحركة .

ب - قوة رد الفعل الداخلية :

تتضمن قوة القصور الذاتى لكتلة أجزاء الجسم المختلفة التى يجب أن تتغلب عليها القوة العضلية .

جـ - قوة الشد العضلى:

إن تأثير القوى السابق ذكرها يمكن أن تقابله القوة العضلية بالارتباط مع قوى رد الفعل لتغيير اتجاه سرعة الحركة، وبدون قوى رد الفعل الجسمية لايمكن للقوة العضلية أن تؤثر على مركز ثقل كتلة الجسم، وتصبح بصفة خاصة كتلة أجزاء الجسم تقترب وتبتعد بنسب مماثلة عن مركز ثقل كتلة الجسم، ولا يتأثر بذلك موضع مركز ثقل كتلة الجسم وسرعة واتجاه الحركة. ويتم أداء حركات الجمباز بالقوة العضلية وينتج عنها تغيير فى اتجاه رد الفعل والذى ينتج عنه تسارع أجزاء الجسم، ومقاومة كتلة هذه الأجزاء التى تعبر عن قوة القصور الذاتى، ويمكن أن تكون قوة القصور الذاتى قوة لرد الفعل تنتقل إلى الأنسجة التى تؤثر على التسارع الذى يظهر على شكل الرفع والدفع والشد والضغط .

وقوة رد الفعل هذه لاتنتقل فقط إلى أجزاء الجسم المجاور بل تؤثر أيضا على الأجزاء البعيدة كسلسلة مترابطة من المفاصل وهنا يمكن التحدث عن انتقال دفع القوة

من جزء إلى آخر من أجزاء الجسم وحتمية توافر نقطة ارتكاز خارج الجسم يمكن عن طريقها الحصول على السرعة اللازمة لأجزاء الجسم كناتج حركى نتيجة لبذل القوة العضلية، كما تؤثر قوة رد الفعل على الأجزاء البعيدة نتيجة لتثبيت العضلات.

وتؤثر القوة الخارجية على أجزاء جسم الإنسان، وتوضح التأثير المتبادل بين جسم الإنسان والبيئة الخارجية المحيطة به.

وتنطبق فكرة الفعل ورد الفعل المضاد على جسم الإنسان داخليا وخارجيا، وتؤثر القوة الخارجية على مراكز ثقل كتلة الجسم، وتغير اتجاه ومقدار السرعة.

ويعتبر وزن الجسم أهم عامل بالنسبة للقوة الخارجية لأنه عبارة عن مقدار تأثير جذب قوة الجاذبية الأرضية لكتلته، ـ و = ك . د - ويعنى ذلك أن وزن الجسم يعد قوة تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية، والتى تعتبر أكبر قوة خارجية تؤثر على جسم اللاعب.

ويؤدى وزن الجسم وفقا لوضع كتلة الجسم بالنسبة لنقطة الارتكاز إلى مؤثرات مختلفة، فإذا كان الجسم ساكنا وموضع مركز ثقل كتلة الجسم فوق أو أسفل نقطة الارتكاز تكون قوة رد الفعل مساوية لوزن الجسم وينتج رد الفعل الارتكازى الثابت، كما يحدث خلال وضع التعلق على العقلة أو وضع الارتكاز المقاطع على المتوازيين، وكما يؤثر الجسم المتحرك على موضع الارتكاز أو التعلق وينتج من وزن الجسم قوة القصور الذاتى وفى هذه الحالة ينتج رد فعل ارتكازى ديناميكى.

وعندما يوجد مركز ثقل كتلة الجسم بعيدا عن الخط العمودى الذى يمر بموضع الارتكاز، فإن وزن الجسم يعمل على إعادة الجسم إلى الوضع العمودى ويستمر تأثيره إلى أن يصل الجسم إلى الوضع العمودى، وعندئذ يكون تأثير بمثابة إعاقة للحركة وفى هذه الحالة لايتجه الشد عموما على موضع التعلق ويكون لقوة رد الفعل مركبتين عمودية ومماسية.

وتعتبر قوة الاحتكاك من أهم القوى الخارجية ذات التأثير المباشر على أداء حركات الجمباز. ونحن نفرق فى قوة الاحتكاك بين ثلاثة أنواع من الاحتكاك، الأول احتكاك القبضة، والثانى الاحتكاك الانزلاقى، والثالث الاحتكاك المتدحرج، ففى حركة المرجحة على العقلة يكون الاحتكاك الانزلاقى بين سطح اليد وعارضة العقلة

أكبر ما يكون فى حين أن احتكاك القبضة يؤثر بالدرجة الأولى على الحلق، وفى الدحرجة الأمامية على الأرض يكون الاحتكاك المتدحرج واقع على وضع التلامس للجسم ونقطة الارتكاز.

كما تعتبر قوة مقاومة الجهاز للاعب مقاومة خارجية تعمل ضد المقاومة الداخلية الناتجة عن قوة عضلاته، كما تعمل تلك المقاومة على مساعدة اللاعب خصوصا إذا ما كان الجهاز مرناً وجيد الارتداد وخاصة فى مرحلة التعليم، ويعتبر جهازى المتوازيين والعقلة أهم تلك الأجهزة فى عملية التعليم، نظرا لتوافر صفة الارتداد والمرونة.

*** التأثير المتبادل بين القوى الداخلية والخارجية فى بعض المهارات الأساسية فى الجهاز.**

١ ـ حركات المرجحات :

يظهر التأثير المتبادل بين القوى الداخلية والخارجية بصورة واضحة خلال أداء المهارات الأساسية على أجهزة الجمباز ففى الدائرة الكبرى على سبيل المثال لكى تتم حركة الدوران قريبة من المحور الثابت (العقلة) فى حالة أساسية متماثلة، يتطلب ذلك رفع الجسم إلى وضع ابتدائى مرتفع ضد تأثير الجاذبية الأرضية بواسطة العضلات، وعلى ذلك تبدأ المرجحة من وضع مرتفع إلى وضع منخفض، ونلاحظ هنا بعد كبير بين مركز ثقل كتلة الجسم ومحور الدوران حتى يمكن الحصول على عزم كبير لقوة الجاذبية الأرضية وتعمل العضلات للاحتفاظ بالوضع المناسب للجسم، ويحدث فقد فى مقدار الطاقة بسبب وجود الاحتكاك الانزلاقى بين اليدين وعارضة العقلة والذى يزيد فى الارتفاع إلى أعلى، وقد لايستطيع اللاعب العودة إلى الوضع الابتدائى عند عدم الاستفادة من المرجحة (تقل طاقة الحركة بسبب عمل الطاقة الحرارية).

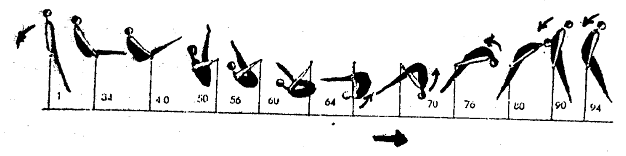
وبواسطة القوة العضلية يمكن تقريب أجزاء الجسم إلى محور الدوران (عارضة العقلة)، ويقل بذلك عزم القصور الذاتى للجسم وتزداد سرعته الزاوية، ومع المد فى الوضع النهائى المرتفع يمكن إيجاد حالة مناسبة للدورة التالية ويمكن الحصول على مقدار طاقة مناسبة أو زيادتها مرة أخرى.

ويوضح الشكل (١٠٤) مثالا آخر لإمكانية استخدام التأثير المتبادل بين القوى الداخلية والخارجية خلال أداء الصعود بالكب الخلفى حيث تشير الصور المتتابعة شكل

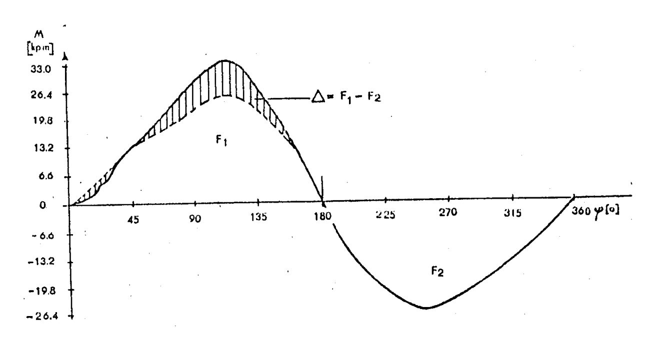
(١٠٤ ـ أ) أن اللاعب يبدأ الصعود بالكب الخلفى من الارتكاز الموازى الخلفى حيث يدور حول عارضة العقلة لإتمام الصعود بالكب الخلفى كما موضح فى الصور من (١) إلى (٩٤)، ولكى يتم ذلك بسهولة لابد أن يكون مجموع عزوم كل القوى الممثلة فى المساحة. متعادلة بقدر الإمكان شكل (١٠٤ ـ ب) ويكون مقدار الفرق فى القوة الناتجة من نقص فى طاقة الحركة والناتج عن الاحتكاك أقل مايمكن.

كما يجب أن يكون الفرق أكبر ما يمكن بقدر الإمكان عند زيادة السرعة الزاوية. ويلاحظ أن أكبر مقدار لمرونة عارضة العقلة يكون عقب المرور على قاع المرجحة عند الصورة (٦٤)، حيث يصل تقوس عارضة العقلة إلى أقصى حد نتيجة لقوة الطرد المركزية، القوة الإضافية للعضلات المادة لمفصلى الفخذين، والتى يتم الاعتماد عليها وعلى رد الفعل الاهتزازى لحركة الرفع لأعلى للوصول للوضع النهائى المطلوب لتحقيق الواجب الحركى شكل (١٠٤ ـ جـ).

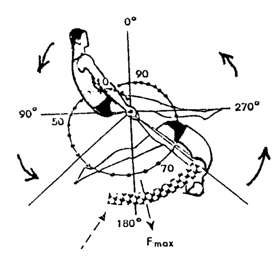
وتعتبر الحركة البندولية أساسا لأداء حركات المرجحة على أجهزة العقلة، المتوازيين، الحلق المتأرجح، العارضتين المختلفتا الارتفاع، وهى عبارة عن حركة اهتزاز الجسم للأمام والخلف فى شكل قوس أو العكس حول محور ثابت بطريقة متتابعة تشبه حركة بندول الساعة، وتزداد الطاقة الحركية للحركة البندولية مع انتقال الجسم بالارتباط بمحور الدوران، ونتيجة لاشراك مقدار معين من القوة العضلية فى لحظة معينة واتجاه محدد خلال أداء الحركة البندولية يمكن إتمام الحركات الدورانية للجسم حول المحور الوهمى الأفقى المار بمركز ثقل كتلة الجسم وأيضا اتمام الدورة الكبرى على أجهزة العقلة، الحلق المتوازيين سواء كان اتجاه الحركة للأمام أو للخلف.



(أ) الصور المتتابعة



(ب) منحنى عزوم القوى المؤثر على مركز ثقل كتلة جسم اللاعب
والانتقال الزاوى خلال أداء الصعود بالكب الخلفى على جهاز العقلة



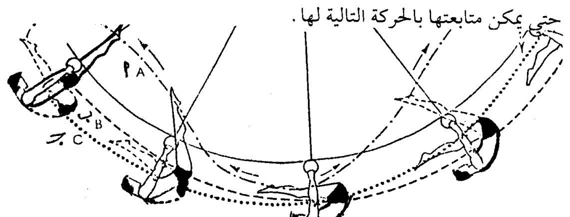
(جـ) مسار ثقل كتلة الجسم خلال أداء الصعود بالكب

شكل (١٠٤) التأثير المتبادل للقوى الداخلية والخارجية خلال الصعود بالكب الخلفى على العقلة

ويتحتم على اللاعب زيادة طاقة الحركة البندولية حتى يتمكن من أداء حركة الدوران عن طريق أبعاد مركز ثقل كتلة الجسم عن محور الدوران خلال المرحلة التمهيدية لأداء الحركة، عن طريق تقريب مركز ثقل كتلة الجسم من محور الدوران خلال المرجحة النشطة فى الجزء الرئيسى لأداء الحركة لإقلال التأثير السالب لقوة الجاذبية على البندول.

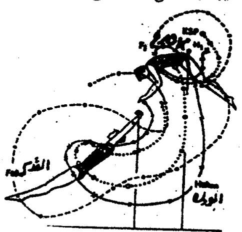
ويوضح شكل (١٠٥) أهمية تقريب وأبعاد مركز ثقل كتلة الجسم عن محور الدوران وبذل القوة العضلية بمقدار محدد وفى لحظة معينة وفى اتجاه محدد لزيادة الحركة البندولية على جهاز الحلق المتحرك وأيضا عمل قوة الجاذبية الأرضية.

وفى بعض حركات الجمباز يكون هناك اعتبار لخفض الطاقة الحركية البندولية حتى يمكن متابعتها بالحركة التالية لها.



شكل (١٠٥) عمل قوة الجاذبية فى الحركة البندولية، (أ) مسار القدمين لأعلى
(ب) مسار م/ث/ج من اليمين إلى اليسار، (جـ) مسار م/ث/ج من اليسار إلى اليمين

وفى بعض حركات الجمباز يكون هناك اعتبارا لخفض الطاقة الحركية للحركة البندولية حتى يمكن متابعتها بالحركة التالية لها، ويوضح الشكل (١٠٦) مثل هذه الحالة التى تقترب فيها أجزاء الجسم فى نهاية المرجحة بمكان القبضة والتى يتم فيها بدء المرجحة لأعلى بإبعاد مركز ثقل كتلة الجسم عن محور الدوران بفعل العمل العضلى، ويلاحظ فى الشكل (١٠٦) مسار المقعدة (الورك) والقدمين ومقارنتهما بمسار م/ث/ح [١] والمقاومة التى يمكن التغلب عليها بالعمل العضلى لتغيير الحركة البندولية.

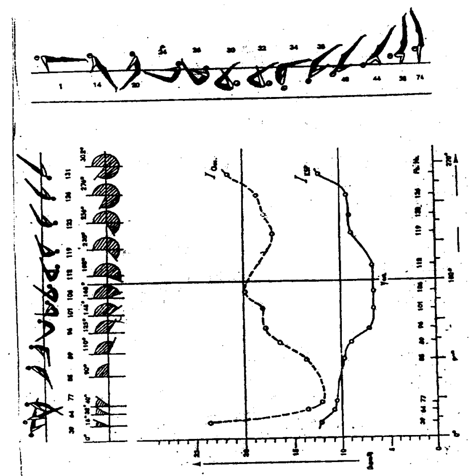


شكل (١٠٦) دائرة المقعدة على العارضة العليا متبوعة بالصعود بالكب الداخلى على العارضة المنخفضة للبنات

(١) م/ث/ج = مركز ثقل كتلة الجسم.

وغالبا ما يلجأ لاعب الجمباز لحل الواجب الحركى خلال أداء مهارات الجمباز إلى تقريب م/ ث/ ج من البعد الكبير الذى كان عليه إلى مكان القبضة مع الحركة الدورانية للجسم فى النهاية مع دوران م/ ث/ ج فى نفس الوقت حول مكان القبضة والابتعاد ثانية مباشرة، كما يحدث فى الدورة الهوائية الخلفية أسفل عارضتى المتوازيين.

حيث تتم هذه المهارة عن طريق نقل أجزاء الجسم بعيدا عن الجهاز بتناسب أحداهما مع الآخر حتى يمكن أن تؤدى الحركة الانتقالية إلى أعلى بالنسبة لمركز ثقل كتلة الجسم، وينتج شكل دائرى تتجدد معه الحركة الانتقالية إلى أعلى بالنسبة لمركز ثقل كتلة الجسم، مرة أخرى إلى أعلى، أو أثناء الحركة الانتقالية لأسفل يجب أن يكون عزم القصور الذاتى للجسم أكبر ما يمكن حتى يمكن إعاقة متابعة دوران الجسم، ثم يقل عزم القصور الذاتى للجسم حتى يمكن الاعداد للدوران، ومع اقلال عزم القصور الذاتى للجسم يتم دورانه بذاته حول محور القبضة، ويوضح الشكل (١٠٧) النظام الكلى لعزم القصور الذاتى ومتغيراته خلال أداء المهارة محور الحديث.



شكل (١٠٧) النظام الكلى لعزم القصور الذاتى ومتغيراته خلال أداء المهارة محور الدراسة

كما يوضح الشكل (١٠٨) تغيير مقادير كل من عزم القصور الذاتى لمركز ثقل كتلة الجسم ويرمز له بالرمز (I)، عزم القصور الذاتى للجسم الكلى ويرمز له بالرمز (J) خلال المسار الحركى لأداء المهارة محور الحديث بيانيا.

شكل (١٠٨) تغيير مقادير كل من عزم القصور الذاتى لمركز ثقل كتلة الجسم (I) عزم القصور الذاتى للجسم الكلى (J) خلال المسار الحركى لأداء المهارة محور الحديث بيانيا

ومن أوضاع الجسم المختلفة وعدد الصور المتتالية ومسار الزوايا الخاصة بمركز ثقل كتلة الجسم (م . ث . ج) ومنحنى القصور الذاتى الكلى للجسم يمكن استنتاج مايلى:

(١) أكبر مقدار لتغير عزم القصور الذاتى الكلى ينتج عن تغير أبعاد (م . ث . ج) عن مكان القبضة.

(٢) تغيير أوضاع الجسم بعضها عن بعض والناتج من الثنى والمد لكل من مفصلى الفخذين والكتفين له أثر قليل نسبياً على عزم القصور الذاتى الكلى، انظر المسار بين الصورتين (٨٩ ، ١١٩).

(٣) خلال خفض الجسم من الصورة (٣٩) إلى الصورة (٨٩) يقل عزم القصور الذاتى للجسم نسبيا ولذلك يكون دوران الجسم نفسه قليل وعلى ذلك تكون قيمة

القصور الذاتى الكلى قليلة من الصورة (٦٤) إلى الصورة (٨٥) ويسجل مركز ثقل كتلة الجسم مقدار كبير نسبيا للمسار الزاوى.

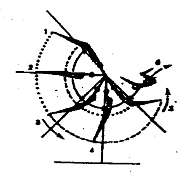
ومن الصورة (٩٦) إلى الصورة (١١٩) تكون النسبة عكسية حيث يدور الجسم سريعا حول م.ث.ج - عزم القصور الذاتى صغير - حتى يصل عزم القصور الذاتى الكلى قيمة عالية ويقل المسار الزاوى لمركز ثقل كتلة الجسم حول مكان القبضة نسبيا.

وفى الحالات المذكورة يمكن الاستفادة من الخاصية الاهتزازية للجهاز كأفضل مايمكن.

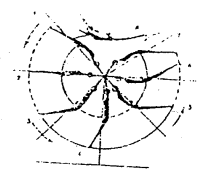
وعند بدء الفقرة الخاصة بتزايد طاقة الحركة يمكن التحدث عن حركة الدوران وكذلك الحركة البندولية، ومن جانب آخر يمكن أيضا مع المسار الطبيعى لطاقة الحركة لمركز ثقل كتلة الجسم تقسيم طاقة الحركة بين أجزاء الجسم المتحركة بمساعدة القوة العضلية وقوة رد الفعل للجهاز، وهذه التجزئة تحدث بواسطة العمل العضلى الإيجابى، وينتج عنها حركة زائدة للجسم أولا فى مفاصل الفخذين والكتفين. ويساعد ما يسمى بالحركة التموجية والحركة الكرباجية غالبا فى الاعداد الصعب والأكبر تأثيرا لإنهاء الحركة (الخروج) وأداء الحركات المضادة والعكسية أثناء المرجحات البندولية كنهايات.

وبفرض إنتاج أعلى سرعة للمسار لأغلب أجزاء الجسم المدارية فى إحدى مهارات المرجحات فى الجمباز، نجد أن الأجزاء الأخرى تنقص حركتها العادية وتكتسب الأجزاء البعيدة قيمة أكبر من عزم القصور الذاتى بسبب البعد عن مكان القبضة ويمكن بذلك أن تكون لطاقة الحركة الناتجة فعالية على أجزاء أخرى من الجسم نتيجة التثبيت الذى تقوم به العضلات وعلى هذا النحو يمكن للاعب إيجاد مقداراً كبيراً من عزم الدوران فى انهاء الحركة (الخروج من الجهاز) شكل (١٠٩) أو انتقال دفع دوران جديد من التعجيل الكبير للرجلين إلى الجذع شكل (١١٠) والذى يمكن فيه القيام بحركة دورانية خلفية من حركة دورانية أمامية.

ويجب ملاحظة فى الأشكال علاقة م.ث.ج بالمسار الزاوى التغير لأجزاء الجسم فى نفس الوحدات الزمنية.

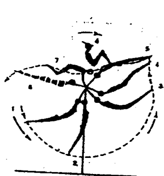


شكل (١٠٩) الدورة الامامية العظمى متبوعة بدورة هوائية خلفية متكورة كنهاية على جهاز العقلة



شكل (١١٠) الدائرة الخلفية العظمى المتبوعة بالقفزة الطائرة كنهاية على جهاز العقلة

وبواسطة تقسيم الطاقة - المرتبطة بصفة خاصة بمرونة مفصلى الكتفين الجيدة - يمكن أداء أصعب المهارات النادر أدائها حتى الآن مثل الحركات الدائرة المتضادة والتى يوضحها شكل (١١١).



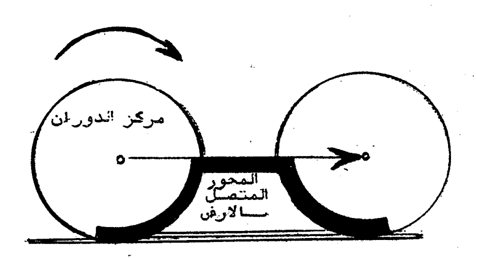
شكل (١١١) الدائرة الأمامية العظمى متبوعة بالدورة الهوائية الأساسية المتكورة للتعلق

٢ ـ حركات الدحرجات :

إن الشرط الأساسى لتدحرج أى جسم هو تحدب محيطه، وبدون هذا التحدب لايمكن لأى جسم أن يتدحرج بصورة صحيحة. ويمكن مشاهدة الحركة الميكانيكية

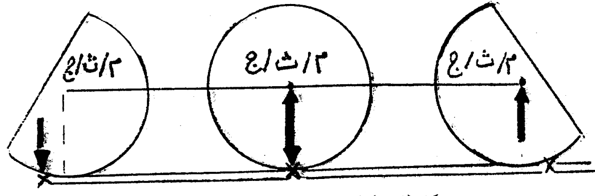
لمجموعة الدحرجات فى حياتنا العملية كتدحرج عجلات السيارة، أو الدحرجة . . الخ .

ويكمن الأساس الميكانيكى للدحرجة فى انتقال مركز ثقل الجسم إلى الأمام أو الخلف، ويكون محور الدوران متحركا وغير ثابت ومتصلا بالأرض فى شكل (١١٢) .



شكل (١١٢) نقاط اتصال المحور المتحرك بالأرض وانتقال مركز الدوران

ونظرا لتركيب جسم الإنسان كسلسلة كينماتيكية تمكنه من تغيير شكل الجسم فإنه يستطيع أن يحدب ظهره أو صدره بما يشبه الكرة وبذلك يمكنه الدحرجة إلى الأمام أو إلى الخلف على الظهر أو الصدر، ويلاحظ أن تحدب جسم الإنسان لايشبه محيط الكرة (العجلة) تماما. لذلك فإن جسم الإنسان عند تدحرجه على الأرض يختلف عن الكرة حيث تستعمل الأخيرة كل محيطها فى تدريجها، أى أن جميع نقاط المحية تتمثل بالأرض أثناء الدحرجة، بينما يستعمل الإنسان جزء أو مقطعا من محيط كما فى شكل(١١٣).



شكل (١١٣) الدحرجة على جزء من محيط الكرة

يلاحظ فى الصورة (١) من الشكل (١١٣) أن م/ث/ج يقع أمام محور الدوران، وهذا ما يسبب دحرجة الجسم إلى الأمام نتيجة لكون م/ث/ج فى اتجاه الجاذبية الأرضية حيث يزداد عزم الدوران والطاقة الحركة موجبة، ويقل كل من العزم والطاقة، حول المحور لوقوع مركز ثقال كتلة الجسم خلف محور الدوران، والذى يكون تدحرجه عكس الجاذبية الأرضية ويكون سالباً (ـ) عند الصورة (٣). ولضمان استمرارية الحركة يجب أن تقصر من قطر دائرة الجسم وذلك عن طريق ثنى وضم جميع أجزاء الجسم حول مركز الدوران لزيادة دورانية.

الخصائص الفنية للشقلبات والدورات الهوائية:

الشقلبات والدورات الهوائية هى عبارة عن حركات يدور فيها الجسم حول المحور العرضى أو السهمى ١٨٠ درجة أو أكثر، وتظهر فيها مرحلة الطيران ويمكن أداؤها بالارتقاء المنفرد، أو الارتقاء المزدوج، وتؤدى أيضا للأمام أو للخلف أو الجانب.

وتعتبر حركات الشقلبات والدورات الهوائية نواتج لدفوع القوى الناتجة عن الارتكاز باليدين أو القدمين أو كليهما معا، كما أنها خليط من الحركات الانتقالية أو الدورانية.

ويؤدى هذا النوع من حركات الجمباز من وضع الوقوف أو من اقترب ففى الحالة الأولى يتطلب أداء الحركة مقدرة حركية عالية من اللاعب إلى جانب توافر القوة المميزة بالسرعة والمرونة والتوافق بصورة تمكن اللاعب من أداء الحركة من وضع الثبات. أما فى الحالة الثانية عندما تؤدى الحركة من الاقتراب تصبح الفرصة أمام اللاعب للحصول على أنسب نقطة للارتقاء مع اكتسابه أكبر مقدار للسرعة الأفقية المناسبة للحركة التى سيؤديها اللاعب والتى يتم تحويلها خلال الارتقاء إلى ارتفاع يسهل انجاز الواجب الحركى المراد انجازه.

ومن أهم المهام عند تطوير مهارة فنية الأداء فى حركات الشقلبات والدورات الهوائية أن تضع فى الاعتبار إمكانية زيادة وضمان الهبوط الراسخ. . وتتطلب المرحلة الأخيرة أن تكون جميع مراحل الأدء الحركى للاعب الجمباز الناشىء أثناء الاقتراب تتناسب بدرجة محددة لمجموعة من الخصائص والسمات، ففى الاقتراب على سبيل

المثال فإن اللاعب يجب أن يرتفع بالسرعة إلى درجة المثالية كما يجب أن يتسم الدفع بدرجة من القوة المناسبة وبزاوية مناسبة لأداء الحركة، واستنادا على معادلت هذه الخصائص فإن نجاح اللاعب خلال تحليقه فى الهواء ـ مرحلة الطيران ـ يتوقف على قدرته على تحقيق النقاط التالية بدقة وجمال.

أ ـ اكتساب الدفع والدوران عند الارتقاء.

ب ـ التحكم فى الدوران فى الهواء.

جـ ـ التحكم فى حركته عند الهبوط.

وتشير نتائج الدراسات والبحوث إلى أن اللاعب عندما يترك الأرض يفقد الاتصال ويصبح مقذوفا، ويتحدد مسار طيرانه بالسرعة وارتفاع م/ث/ج وزاوية انطلاقه لحظة أخذ الارتقاء.

لذا فإن أى محاولة لتحسين أدائه يجب أن تكون عن طريق زيادة كميتى الدفع والسرعة، كما أن الطريقة الوحيدة التى تمكن اللاعب من التحكم فى دوران جسمه خلال مرحلة الطيران هى استغلاله لعزم القصور الذاتى حيث يمكنه زيادة سرعة الزاوية عن طريق تقريب كتل أجزاء الجسم المختلفة من محور الدوران والعكس صحيح - بقاء كمية الحركة الزاوية.

٣ – حركات القفزات :

بالرغم من تعدد مجموعات القفزات على حصان القفز، إلا أنه توجد بينها العديد من المكونات الأولية المشتركة، ومضمون هذه المكونات المتشابهة من حيث أساليب أدائها تعتبر الأساس الرئيسى لأسس فنية الأداء للقفزات الارتكازية، ولتسهيل عملية دراسة هذه الأسس، فقد اتفق على تقسيمها إجرائياً إلى المراحل التالية :

أ – مرحلة الاقتراب.

ب – مرحلة الهبوط على السلم.

جـ – لحظة الدفع بالقدمين.

د – مرحلة الطيران الأول.

هـ – مرحلة الدفع باليدين.

و - مرحلة الطيران الثانى.

ز - مرحلة الهبوط على الأرض.

أ - الاقتراب The Approach :

أوضح كل من أوكران Ukran (١٩٦٧م)، وكريفنباوم Krechenbaum (١٩٧٤م)، وبوخمان Buchman (١٩٧٦م)، وبورمان Bourmann (١٩٧٨م)، وهوخموث Hochmuth (١٩٧٨م)، تولماتشوف . Tuilmatchyev (١٩٧٥م) عادل (١٩٨٥م)، أنه مع تزايد سرعة الاقتراب يزداد ناتج قوة دفع القدمين - الناتج الحركى للقوة - من سلم القفز وكذلك ناتج قوة دفع اليدين للحصان، وبالتالى تتأثر عملية الاستمرار فى مرحلة الطيران بعد الدفع باليدين، وفى نفس الوقت فإن زمن الدفع بالقدمين أو باليدين يقل، وبناءً على ذلك فإن هذه الخصائص تؤثر فى نوعية أداء اللاعب.

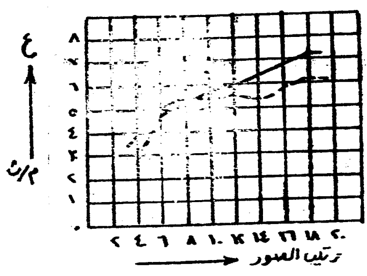
لذلك فإن الاقتراب السريع من أهم العوامل المؤثرة فى أداء القفزات على الحصان بكفاءة عالية.

تصل سرعة لاعبى الجمباز ذوى المستويات العالية إلى سرعة تتراوح ما بين (٧,٦م/ث - ٨,٢م/ث) وهذه ليست السرعة القصوى ولكنها السرعة الأنسب للاقتراب، وقد أوضح سيميوتف (١٩٧٥م) أن سرعة الاقتراب من مسافة تتراوح ما بين (١٨م- ٢٢م) بدون الحصان للاعبى الجمباز الممتازين تتراوح ما بين (٨,٦م/ث- ٩,٠٠/ث). كما تتحسن سرعة اقتراب اللاعب المثالية تبعاً لتحسن وتطور المستوى المهارى له.

ويوضح الشكل (١١٤) التغير فى سرعة الاقتراب أثناء أداء القفزة الطائرة من الطرف الأمامى (عنق الحصان) للاعبى الجمباز ذوى المستوى الدولى ولاعبى الدرجة الأولى، علماً بأن درجة الأداء تنحصر ما بين (٨,٤ درجة - ٩,٤ درجة)، كما يوضح الشكل (١١٤) السرعة الانتقالية للاعب أثناء الاقتراب فى خط مستقيم تتزايد بشكل متناسق، وتصل إلى أقصاها قبل القفز على سلم القفز لأخذ الارتقاء.

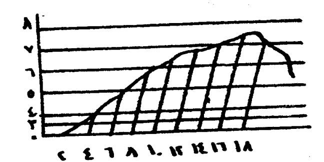
إن تزايد سرعة اقتراب المبتدئين ذوى المستوى المنخفض تختلف فى تناسق تزايدها حيث تكون بالاندفاع مع الحجل، وهذا التغير الحاد فى السرعة أثناء الاقتراب يؤثر بصورة سيئة على خصائص ومواصفات أداء الدفع بالقدمين وذلك لأن الشروط الأساسية الواجب توافرها لأداء الدفع تكون قد اختلفت من حيث تزايد السرعة وزمن الطيران قبل الاصطدام بسلم القفز، وزمن الإيقاف عند الدفع.

ولتجنب مثل هذه الأخطار من الضرورى البدء بالاقتراب من نقطة بدء ثابتة فى كل مرة يؤدى فيها اللاعب الاقتراب بحيث لا تتغير أبداً وذلك خلال إعداد اللاعب، مع مراعاة أنه ربما تتغير هذه المسافة عندما يتحسن مستوى الأداء.



شكل (١١٤)

منحنى التغير فى سرعة الاقتراب أثناء القفزة الطائرة على حصان القفز للاعبى الجمباز الدوليين



شكل (١١٥)

منحنى تزايد السرعة والإزاحة الأفقية لجسم اللاعب أثناء الاقتراب لأخذ الارتقاء على سلم القفز

يجب أن يتم تحسين سرعة الاقتراب بالتدريج فالبدء الحاد المفاجىء فى الجرى يجعل حركة اللاعب فى الجرى متعرجة.

ويلاحظ أن أكثر لاعبى الجمباز ذوى المستوى العالى العالمى يؤدون خطوات الجرى على أطراف القدم وتوضع القدم والتى تليها بصورة متوازية فى اتجاه الجرى كما فى شكل (١١٦).

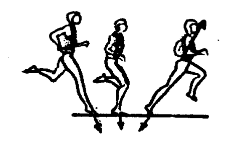
ويستغرق وضع مشط القدم على الجزء الأمامى من سلم القفز فترة زمنية أقل من تلك التى يضع فيها اللاعب مشطى القدمين والكعبين وبالتالى يكون الناتج الحركى أكبر.

ويرى كولوتوف - ف.أ Kolotove F.A. (١٩٧٥م) أن الجرى على المشطين يسمح للاعب بسرعة تنمية القدرة على التسارع فى الاقتراب، ويمكن فى هذه الحالة استخدام بعض الوسائل التى تقى مشط القدم - مثل سلييبر مبطن -.

وأثناء الجرى فإن الرجل تتحرك وتوضع بسرعة لأسفل وللخلف قريباً من خط مركز ثقل كتلة الجسم - مركز الثقل - ونتيجة لذلك يقل تأثير زمن الإيقاف أثناء الارتكاز وبالتالى يقل زمن الخطوة ويراعى فى لحظة الارتكاز الأمامى بالقدم عدم ثنى مفصلى الركبة بدرجة كبيرة لتجنب الحمل الزائد على العضلات العاملة، فى حين تمتد الرجل فى مرحلة الارتكاز الخلفى فى لحظة ارتفاع فخذ الرجل الحرة بزاوية تتراوح ما بين (٥٥° -٦٥°) حيث يتم دفع الرجل عندئذٍ وهى ممتدة امتداداً كاملاً ومفصل القدم فى أقصى انثناء كما فى شكل (١١٦).



شكل (١١٦) وضع القدم أثناء خطوات الاقتراب



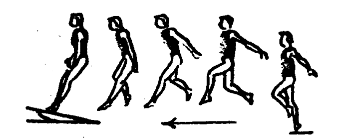
شكل (١١٧) مرحلتى الارتكاز الأمامى والخلفى أثناء خطوة الجرى خلال الاقتراب

تتم حركة الذراعين والرجلين أثناء الاقتراب فى شكل مختلف - الذراع اليمنى مع الرجل اليسرى - وهذه الحركة من الذراعين والرجلين إذا تمت بشكل صحيح تساعد اللاعب على الاحتفاظ بتوازنه الديناميكى والجرى فى خط مستقيم، ويجب التركيز على أهمية تقنين خطوات الاقتراب ويقصد بذلك تحديد عدد خطوات الاقتراب وكذلك طول الخطوة حيث يعتبر ذلك أساساً فى دقة الاقتراب، وتنحصر عادة عدد خطوات الاقتراب ما بين (١١-١٣ خطوة). (١٢ : ٨١-٨٦).

ب - الهبوط على سلم القفز Hurdle phase :

يتم الهبوط على سلم القفز فى لحظة اكتساب أكبر سرعة انتقالية، ويؤثر انخفاض السرعة الانتقالية قبل الهبوط على سلم القفز تأثيراً سلبياً على الناتج الحركى للأداء، كما يشير ذلك إلى أن الاقتراب غير صحيح. ويحدث ذلك فى الحالات التى تكون فيها مسافة اقتراب اللاعب غير ثابتة بل متغيرة بين حين وآخر أو عندما تبدو لدى اللاعب مظاهر ردود فعل مضادة عنيفة ويتم الهبوط من الدفع بالرجل الأقوى وطولها تقريباً (٣,٢م-٨,٢م) وفى لحظة الهبوط يميل اللاعب للأمام ما بين (٥°-٢٦°) وتتابع الرجلين هذا الميل، وأثناء ذلك فإن القدم الدافعة تكون منثنية من مفصلى الفخذ والركبة وتجذب لتلاصق الرجل الحرة، وتمد الرجلان للأمام وذلك لتأمين حركة الإيقاف على السلم كما فى الشكل (١١٨).

ويراعى أن الارتفاع الملحوظ للهبوط يقلل كل من السرعة الانتقالية ومنحنى طيران الجسم خلال مرحلة الطيران، كما أن الهبوط المنخفض جداً لا يمكن للاعب من



شكل (١١٨) الهبوط على سلم القفز

السيطرة والتحكم فى حركاته، لذلك فإنه عند تغيير سرعة الاقتراب من الضرورى تكرار مسار الهبوط على السلم باستمرار.

وتتراوح زاوية الهبوط على السلم - الزاوية المحصورة بين اتجاه مركز ثقل كتلة الجسم والمار بنقطة الارتكاز مع الخط الأفقى - للاعبى المستويات العالية ما بين (٦°-٩°) وارتفاع مركز ثقل كتلة الجسم عند الهبوط على السلم تتراوح ما بين (٢٥سم-٣٥سم) (١٢ : ٨٦، ٨٧).

جـ - الدفع بالقدمين Take - off

اتفق كل من بونش Ponech (١٩٦٠م) (٦٣: ٢٤)، بوخمان (١٩٦٩م) (٢٩ : ٥١)، كارل، كوخ Karl, Koch (١٩٧٦م) (٥٥ : ١٦)، فضيلة سرى (١٩٧٧م)، ليلى زهران وآخرون)١٩٨٥م) على أن الارتقاء يعتبر الجزء الهام للقفز ككل وهو يبدأ بسقوط المشطين على سلم القفز، ويؤدى أفضل لاعبى الجمباز الارتقاء بوضع القدمين على مكان الدفع بتركيز شديد لذا فهم يثبتون أرجلهم من مفاصل الفخذين والركبتين مع امتداد الأمشاط أو مفصلى القدمين فى نهاية الوثب على سلم القفز.

فى حين أن اللاعبين المبتدئين فهم ينظرون لعملية الهبوط على سلم القفز بصورة سليمة، وعند التركيز فى وضع القدمين للاستفادة منهما فى الدفع فإن العضلات تنقبض عند بداية الهبوط ثم تنبسط هذه العضلات بعد عملية الثنى فى مرحلة الإيقاف (الارتكاز الأمامى) الخاصة بالدفع، ونلاحظ فى هذه الحالة أن العضلة المنقبضة تصل إلى أعلى معدل لها، كما يقل كثيراً زمن الدفع حيث يصل إلى ما بين (٩٠, ٠ث-١٢, ٠ث) عندما يكون التركيز على مكان وضع القدمين أما بدون التركيز فإنه يصل إلى ما بين (١٥, ٠ث-١٨, ٠ث)، ويوضح الشكل (١١٩) قوة دفع القدمين فى اتجاه

كلا المركبتين الأفقية، الرأسية كدالة بالنسبة للزمن خلال أداء الشقلبة الأمامية على اليدين على حصان القفز للاعب الجمباز وزنه ما بين ٦٤كجم، ٦٥كجم ويضع مقدمة المشط كلها على سلم القفز، وتقدير القفزة حسب تقدير الحكام ينحصر ما بين (٨,٨-٩,٤ درجة) ويلاحظ من منحنيات القوة أن معدلات القوى الأولية لحظة تلامس القدمين السلم تتزايد بسرعة لأن الحمل على القدمين فى هذه اللحظة - فى بداية الارتكاز الأمامى - يعادل ١٥ مرة أو يزيد عن وزن اللاعب نفسه ولكن لحظة الاحتفاظ بهذه القوة لحظة قصيرة جداً تعادل (٠,٠٢ من الثانية) حيث ينخفض معدل الضغط العام بعد ذلك.

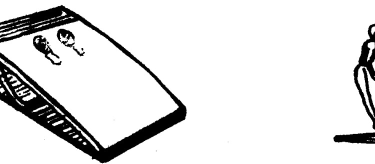
ويكون الناتج الحركى للقوة قليلاً فى لحظة ملامسة القدمين سلم القفز بالارتكاز على الجزء الأمامى من مشط القدم - بداية مرحلة الارتكاز الأمامى - فى حين يحدث العكس عندما يوضع مشطى القدمين بالكامل على سلم القفز حيث يصبح الناتج الحركى للقوة كبيراً كما يحدث فى مرحلة الارتكاز الخلفى.

وبغض النظر عن كل هذا فإن تركيز اللاعب لوضع القدمين على سلم القفز يتيح له فرصة تزايد ناتج القوة على مدى لحظة الدفع بالقدمين، حيث أنه عند الدفع بأطراف القدم فإن انخفاض الناتج الحركى للقوة لا يحدث إلا بعد فترة زمنية تنحصر فيما بين (٠,٠٥ث-٠,٠٦ث)، وأثناء الدفع بكل مشط القدم فإن انخفاض الناتج الحركى للقوة يكون أسرع أى خلال (٠,٠٢ ثانية).

وأمهر لاعبى الجمباز فى مرحلة الارتكاز الخلفى (لحظة الدفع) تتزايد محصلة القوى وتعادل من ١١ كجم إلى ١٣كجم لكل كيلوجرام من وزن الجسم، خلال الأداء الممتاز للقفزات فإن معدل رد الفعل عند الاستناد لحظة وضع القدمين على سلم القفز- مرحلة الارتكاز الأمامى (مرحلة الإيقاف) - لا تكون بدرجة كبيرة فهى أكبر قليلاً من ردود الفعل المضاد لعملية الاستناد أثناء اللحظة النهائية للدفع وربما تعادلها. (٨٨:١٢).

وفى مرحلة الإيقاف عند الاستناد على الجزء الأمامى من مشط القدمين تثنى الرجلان بصورة أقل منها عند وضع كل مشطى القدمين للارتكاز، وبذلك تعطى

أفضل الظروف لإطالة العضلات القابضة لمفصلى القدم وكذا الأصابع، ويقل زمن الدفع عند الارتكاز على الجزء الأمامى من القدمين حيث يصبح ما بين (٠,٠٢-٠,٠٣ من الثانية) وفى لحظة الدفع يجب أن يوزع الاستناد بدرجة متساوية على كل أطراف رؤوس عظام مشط القدم وخاصة عند نقطة الدفع يكون موزعاً بدرجة واحدة على كل مساحة مشط القدم شكل (١١٩).





شكل (١١٩) توزيع الاستناد على مشطى القدمين لحظة الدفع

وتشير نتائج بحوث يونسن (١٩٦٠م)، بوخمان (١٩٦٩م)، بينى وباركر Payne & Barker (١٩٧٦م) وعادل (١٩٨٤م). أن مثل هذا الوضع بالنسبة للقدم يسمح بزيادة محصلات القوى بدرجة كبيرة لحظة الدفع وأفضل تلك الحالة التى قد تدور فيها القدمين للخارج ويكون وضع القدمين على نقطة الدفع فى شكل مستقيماً تقريباً - تتراوح زاويتى انثناء مفصلى القدمين تقريباً ما بين (١٦٠°-١٦٥°) - بمعنى أن اللاعب لا يثنى مفصلى الركبتين عند لحظة الدفع بدرجة كبيرة وينتج عن ذلك حدوث رد فعل مضاد هو الدفع، ويجب على اللاعب أن يشعر تماماً بأن ثنى الركبتين فى مرحلة الفرملة (الإيقاف) تعادل من (١٥°- ٢٠°). وتتوقف فعالية الدفع بالقدمين أيضاً على عملية مرجحة الذراعين، فالمرجحة الصحيحة للذراعين مع دفع الكتفين لأعلى تساعد بدرجة كبيرة على ارتفاع طيران جسم اللاعب وأبحاث كل من داتشكوف (١٩٧٥) وموجميتدوف أوضحت العلاقة الوظيفية المتبادلة بين العضلات العاملة، وأن التوافق السليم فى عمل المجموعات العضلية العاملة يساعد على إنتاج القوى المطلوبة.

ويشير أوفوتومسكى Ovutumcki (١٩٧٥) إلى أن هذه الظاهرة التى تتحدث عن زيادة القوة أو محصلاتها تعتبر أساساً للدفع وبالتالى الأداء الحركى أيضاً، فالدفع لا

يحدث فقط تحت تأثير التأثيرات الميكانيكية ولكن أيضاً باشتراك أو انتقال أثر عمل المجموعات العضلية الأخرى لكل من الجسم والذراعين فأداء المرجحة بالذراعين يعطى إشارة عن المرحلة الأخيرة من الحركة يضاف إليها قوى جديدة تساعد على زيادة الارتفاع فى القفز وكذا المسافة، وتساعد المرجحة الصحيحة للذراعين على زيادة ارتفاع مركز ثقل كتلة الجسم أثناء القفز بنسبة تتراوح ما بين (٢٠٪-٢٥٪) بالنسبة لأقصى ارتفاع يصل إليه مركز ثقل كتلة الجسم، وكثيراً من لاعبى الجمباز يستخدمون أسلوباً موحداً فى مرجحة الذراعين فالاشتراك الفعال لمرجحة الذراعين يكون بتحريكهما من الخلف (خلف الجسم) لأسفل ثم للأمام ولأعلى أما حركة إيقافهما تتم تقريباً عند مستوى الرأس فى لحظة انتهاء الدفع بالقدمين. ومثل هذا الأسلوب فى مرجحة الذراعين له نواحى إيجابية وأخرى سلبية. والخطأ الرئيسى فى ذلك يتلخص فى أنه عند مرجحة الذراعين للأمام ثم لأعلى فإن هذا يقلل من لحظة دوران الجسم للأمام والتى تؤدى بالتالى إلى التأثير على تنفيذ مرحلة الطيران حتى مرحلة الدفع باليدين. ولتجنب اللاعب ذلك فإن بعض لاعبى الجمباز مثل اندو Endo، دجوجيلى Degogely يقومون بأداء حركة الذراعين بأسلوب آخر، ففى اللحظة التى تلامس فيها القدمين سلم القفز يقومان بثنى الذراعين ناحية الكتفين أما الكفين فيكونان للأمام، وخلال مرحلة الدفع يمدان الذراعين للأمام وتشكل بذلك حركة مشابهة لحركة دفع الكرة الطائرة باليدين عن الجسم وهذه الطريقة تقلل من تأثير حركات الدورانات أثناء الطيران ولكن هذا الأسلوب لا يمكن أن يستفاد منه تماماً فى إمكانية زيادة ارتفاع مسار الطيران بمساعدة المرجحة.

ويستخدم العديد من اللاعبين أسلوباً حديثاً فى مرجحة الذراعين مؤداه أنه عند القفز على سلم القفز يحرك اللاعب ذراعيه للأمام، وفى لحظة ملامسة المشطين لسلم القفز تخفض الذراعان لأسفل وفى المرحلة التالية للدفع بالقدمين تكون مصحوبة بتحريك الذراعين للخلف إلى أقصى مدى ممكن يسمح به إمكانية مفصلى كتفى اللاعب.

وباستخدام هذا الأسلوب يمكن للاعب إيجاد أنسب الظروف واللحظات لأداء دورانات أكثر أثناء الدفع.

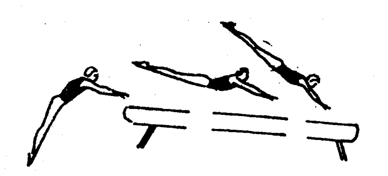
الطيران الأول – الطيران حتى الدفع باليدين – : Preflight

إن زاوية الطيران عقب الدفع بالقدمين عند أفضل لاعبى الجمباز (المستويات العالية) تنحصر بين (٧٥°-٨٣°)، ولا يمكن تغيير مسار مركز ثقل كتلة الجسم خلال مرحلة الطيران وقد تسبب حركات لاعب الجمباز التى يؤديها أثناء طيرانه فى تمكينه من تغيير وضع جسمه أو بعض أجزائه فقط - تغيير مركز ثقله نسبياً- (١٢ : ٨٩-٩٢).

ويؤدى اللاعب فى هذه المرحلة مرجحة تمهيدية بالرجلين للخلف ويتم ذلك عن طريق مد مفصلى الفخذين ويستمر ذلك حتى وضع الامتداد للدوران خلال منحنى الطيران المرتفع كما فى شكل (١٢٠).

وينتهى أداء المرجحة التمهيدية بالقدمين حتى الارتكاز باليدين والذى يساعد فى زيادة سرعة حركة الرجلين لأعلى وبذلك تتاح الظروف لأداء عملية الانثناء الحاد والمفاجيء فى مفصلى الفخذين لحظة الدفع باليدين - يطلق على هذه الحركة نطر الجذع- وهى ضرورية لزيادة كمية الضغط الواقع على مسطح الارتكاز (الاستناد) ولإيقاف سرعة حركة الرجلين حيث يؤثر ذلك بشكل واضح على مدى فعالية حركة الدفع باليدين التالية لذلك مباشرة، وتبدأ هذه المرجحة التمهيدية للقدمين خلفاً عقب الدفع بالقدمين مباشرة.

ومن أهم ما يمكن أن يشعر به اللاعب خلال فترة تحليقه فى الهواء أثناء طيرانه (فترة كمون) دوران الجسم للأمام وذلك بتقوس الظهر قليلاً.



شكل (١٢٠) شكل الجسم خلال مرحلة الطيران على حصان القفز

ومن الملاحظ أن مرحلة الطيران الأول فى القفزات المختلفة تكون واحدة سواء كانت على طرف الحصان الأمامى أو الخلفى (العنق أو الكفل).

وتؤدى مرجحة الذراعين فى القفزات الدورانية للأمام بزاوية تنحصر بين (٤٥°- ٦٠°) أما فى القفزات المستقيمة فإنها تنحصر بين (٢٥°-٣٥°) وذلك بالنسبة للقفزات التى تؤدى على كفل الحصان، أما القفزات التى تؤدى على عنق الحصان فتزيد زاوية مرجحة الذراعين إلى ما بين (١٠°-١٥°) عن زاوية مرجحة الذراعين فى القفزات على كفل الحصان.

ويكون زمن مرحلة الطيران الأول منحصراً بين (٢٧ , ٠ث-٤٥ , ٠ث) ولكى تتم مرحلة الطيران الأول بطريقة جيدة يجب تجنب الأخطاء الآتية:

١- تقوس جسم اللاعب بدرجة كبيرة أو ارتخائه.

٢- إضافة بعض الحركات الزائدة لليدين.

٣- عدم مرجحة اليدين بدرجة كافية للأمام.

٤- سقوط الرأس على الصدر.

الدفع باليدين : Hand - Push

يضع اللاعب يديه على الحصان بزاوية حادة بالنسبة لمستوى الحصان حيث يؤدى ذلك إلى تأمين تأثير إيقافى أثناء الدفع يسمح بما يلى:

١- الاستخدام الأفضل للسرعة المكتسبة من الاقتراب والارتقاء وذلك لزيادة ارتفاع الطيران الثانى.

٢- الاستخدام الأفضل للخصائص المطاطية للعضلات.

٣- إتمام الدفع باليدين بصورة منتظمة ومرتبة - يجب ألا يتم الدفع فجائياً لأن الدفع يتطلب فترة زمنية يحدث خلالها تأثير القوى الداخلية والخارجية على الجسم.

٤- تغيير وضع أجزاء الجسم لكى يزيد من تقوية الدفع وللمساعدة على الأداء الصحيح للقفزات المحددة.

وتصل القوة المنتجة لحظة وضع اليدين على الحصان إلى ما بين (٣٨٠كجم م/ث٢- ٤٥٠كجم م/ث٢ وفى لحظة الدفع باليدين تكون (٢٨٠مجم. م/ث٢) -



شكل (١٢١) الدفع باليدين على حصان القفز

أى من ٤ - ٤,٥ كجم لكل كيلوجرام من وزن جسم اللاعب - وذلك بالنسبة للاعبى المستوى العالمى.

ويجب أن توضع كفى اليدين على مكان الدفع متوازيتين كما فى شكل (١٢١) حيث يؤدى إلى ما يأتى:

١- وقوع المحور العرضى لمفصلى المرفقين على السطح الأمامى الخلفى مما يسهل إشراك العضلات المقربة لمفصلى الكتفين فى العمل والتى تؤثر على مد مفصلى المرفقين عند انقباضها.

٢- امتطاط العضلات بصورة متساوية مما يؤدى إلى انثناء مفصلى رسغى اليدين وعندئذ تتم عملية الإيقاف لحظة اصطدام اليدين يظهر الحصان بصورة أكبر قبل الدفع.

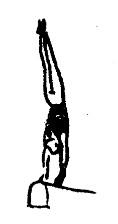
٣- إن وضع اليدين بالكيفية السابقة يكون أكثر فعالية للانتقال من مرحلة الإيقاف إلى مرحلة الدفع، ويقع اللاعبون فى خطأ كبير عندما يضعون اليدان لأداء الدفع بحيث تكون إصبعا الإبهام وباقى الأصابع للخارج كما فى شكل (١٢١)، وكما يشير كورنبرج ف. ب Cornperg. F.B. أنه فى هذه الحالة لا يمكن أن يتم الدفع تماماً حيث أن كل الارتكاز فى هذه الحالة يقع على الأصبعين الكبيرين وبطبيعة الحال فإن هذان الأصبعان لا يمكن أن يتحملا العبء الكبير خلال الدفع بالإضافة إلى عدم استخدام إمكانية قوة الرسغ والأصابع لتقوية الدفع كما أنه من المحتمل حدوث إصابات فى الرسغ وتمزقات إذا ما وضعت الأصابع بهذه الكيفية السابقة إلى جانب الإقلال بالتوازن، فأحياناً ما تنزلق إحدى الكفين من فوق الحصان.

والدفع يجب أن يتم بشكل مقابل لحركة الجسم بمعنى أنه يبدأ من اللاعب ذاته وينتهى إلى أن يقوم بالدفع من الكتفين وامتداد الذراعين وانثناء مفصلى الرسغين ويجب مزج الدفعة بحركة النطر للجسم وانتقال الحوض لأعلى كما فى شكل (١٢١) حيث يتيح ذلك للاعب فرصة زيادة حركة الضغط على نقطة الارتكاز ويكون أكثر فعالية للدفع من الجهاز .

وعدم استخدام حركة نطر الجسم فى الدفع باليدين توثر بصورة سلبية على كل من ارتفاع طيران الجسم بعد إيقاف حركة الرجلين الخلفية لأعلى ، لأن انخفاض سرعة حركة الرجلين يؤدى إلى انتقال الحركة إلى بقية أجزاء الجسم مما يسهل إزاحة الجذع (تحركه) لأعلى، ويتم إيقاف حركة الرجلين عن طريق انثناء مفصلى الفخذين واستدارة الظهر .

ويجب خلال أداء القفزات أن يكون الدفع باليدين سريعاً وقصيراً - الفترة الزمنية من (١٦ , ٠ - ٢٥ , ٠ من الثانية) مع ملاحظة أن هناك حركة اضطرارية للانثناء البسيط فى اليدين - بعد وضعهما مباشرة على مكان الدفع - وهى عادة لا يشعر بها اللاعب .

كما يلاحظ أن الدفع باليدين يجب أن ينتهى فى اللحظة التى يصبح فيها الكتفين أو خطهما قاطعاً للمحور الرأسى ومارأ من خلال مسطح الارتكاز، ويكون مستوى توزيع مركز ثقل كتلة الجسم فى هذه الحالة أعلى ما يمكن كما فى شكل (١٢٢) .



شكل (١٢٢) لحظة الدفع باليدين

ويراعى عند الدفع لأداء قفزات الشقلبات على اليدين أن يكون ترك الارتكاز فى وقت واحد وفى لحظة الدفع وعدم سقوط الرأس على الصدر (ثنى العنق لأسفل).

الطيران الثانى : Flight

يحدد الطيران الثانى عقب الدفع باليدين نوعية القفزة وتبعاً لنوعية هذه المرحلة يتحدد تقدير القفزة ككل.

ففى المستويات العالية عند أداء القفزات المستقيمة ترتفع اليدين عقب الدفع للخلف ولأعلى - وليس للأمام -، وعند أداء قفزات بالدوران للأمام فإن الذراعين فى البداية تحتفظان بوضعهما فى لحظة انتهاء الدفع ويتم بعد ذلك تحريكهما أو تدويرهما للخارج - ويحتفظ اللاعب بتثبيت وضع الجسم المحدد لشكل القفزة سواء كانت مستقيمة أو دورتين . . . الخ.

وعند أداء القفزات مع اللف حول المحور الطولى للجسم أثناء مرحلة الطيران فإن اللف يتم ما بين (١٨٠°-٣٦٠°) ولا ننصح باللف أكثر من (٣٦٠°) من وضع الارتكاز باليدين لأن هذا سوف يؤثر سلبياً على فعالية الدفع باليدين ودقة الهبوط.

ويجب أن يبدأ اللف مباشرة بعد انتهاء الدفع باليدين بالتعاقب ومد الجسم ومفصلى الفخذين.

ويصل ارتفاع مركز ثقل كتلة الجسم خلال مرحلة الطيران الثانى عند أفضل لاعبى الجمباز إلى ارتفاع ينحصر ما بين (٢,٥م-٢,٨م) عن مستوى الأرض، وزمن الطيران بعد الدفع وحتى لحظة الهبوط على الأرض يتراوح ما بين (٠,٧٥ث-٠,٩٤ث).

الهبوط : The Landing

يعتبر الهبوط عادة كعلامة مضيئة لنجاح القفزة. ولا شىء يؤثر على المشاهد أكثر من الهبوط الذى يظهر كالوتد على الأرض، عند نقطة الاتصال.

ويحاول اللاعب فى مرحلة الطيران الثانى مد جسمه بالتدريج نحو الأرض للإعداد للهبوط، ولامتصاص كمية حركة القفزة ويجب أن يتم امتصاص كمية حركة القفزة فى لحظة اتصال القدمين بالمرتبة عن طريق ثنى مفصلى القدمين أولاً ثم مفصلى

الركبتين ثم مفصلى الفخذين، وفى القفزات الصعبة التى تتطلب زيادة فى الارتفاع والدوران يتم حركة الامتصاص لحظة اتصال القدمين بالمرتبة عن طريق ثنى مفصلى القدمين ثم الركبتين ثم الفخذين بدرجة أكثر.

يجب أن تكون القدمين أبعد من الجسم عن الحصان عند الاتصال بالأرض لأن ذلك سوف - يسمح للجسم للدوران خلال تباطؤ السرعة لوضع يحافظ على اتزانه.

إن الهبوط الراسخ على الأرض يمكن اللاعب من الحصول على تقدير مرتفع عند تقييم القفزة لذا فإن التركيز فى التدريب على إتقان اللاعب لعملية الهبوط على الأرض عن طريق الوثب من فوق ظهر الحصان أو أى مستوى مرتفع لا يساعد اللاعب فقط ولكنه مهم جداً لتمكينه من الاحساس بالقدر المناسب لثنى مفاصل كل من القدمين، الركبتين والفخذين.

ولا يتحقق الهبوط الراسخ إلا عندما يؤدى الطيران الثانى بنجاح تام يعطى للجسم فرصة لأخذ الوضع المناسب للهبوط على الأرض.

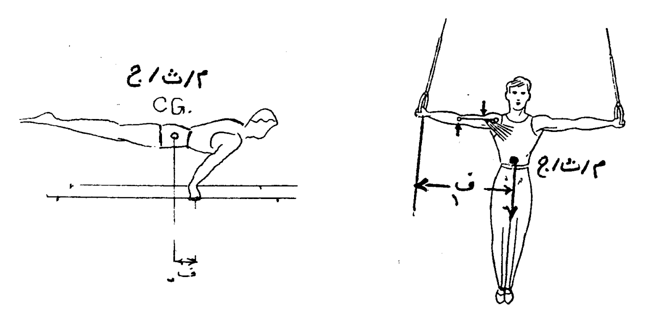
كما تلعب الذراعان دوراً هاماً فى عملية الهبوط إذا ما تم مرجحتها جانباً بقوة عند مد مفصلى الركبتين حيث تساعد على التحكم فى أى كمية حركة دوران زائدة قد تحدث. (١٢ : ٩٤-٩٦).

٤ - حركات القوة :

تمثل مجموعة حركات القوة ركناً هاماً وأساسياً بالنسبة للاعبى الجمباز، ويتطلب العمل فى حركات القوة حتمية تغلب اللاعب على مقاومة خارجية أو التحكم فى أوضاع جسمه مع ملاحظة أداء الحركات ببطء لاشتراك العضلات الكبيرة فى العمل لإنجاز الواجب الحركى. ويؤدى البطء إلى الاقتصاد فى الطاقة المبذولة، ويلاحظ أنه خلال أداء حركات القوة وقوع العبء على الذراعين وحزم الكتف، وفى حالة تثبيت الجسم فى وضع عمودى أو فى وضع أفقى يتطلب ذلك حتمية مقاومة العضلات لعزم الدوران الناجم بفعل قوة الجاذبية الأرضية، ففى حالة الثبات فى وضع التعلق التصالبى شكل (١٢٣) ينشأ عزم دوران قوته تساوى قوة وزن الجسم × المسافة الأفقية بين مركز ثقل كتلة الجسم ونقطة الارتكاز مما يجعل العضلات تقوم بعمل إضافى

لمقاومة هذا العزم والمحافظة على التوازن. وبما أن وزن جسم اللاعب ثابت، إذن تتوقف صعوبة الوضع على طول المسافة الأفقية بين مركز ثقل كتلة الجسم ونقطة الارتكاز أو التعلق فكلما زادت المسافة الأفقية زاد العمل العضلى وذلك لزيادة المطلوب مقاومته.

ويتضح فى شكل (١٢٣) أن المسافة الأفقية (ف$_{١}$) فى التعلق التصالبى على الحلق أكبر من المسافة الأفقية (ف$_{٢}$) فى الارتكاز الأفقى على جهاز المتوازيين، ولذلك نجد أن الوضع فى الحالة الأولى أصعب من الوضع فى الحالة الثانية.



شكل (١٢٣) العلاقة بين القوة الداخلية والخارجية فى الأوضاع الثابتة

وتلعب العلاقة بين القوة ووزن الجسم دوراً هاماً فى أداء حركات القوة لأنه من المحتم على اللاعب تحريك جسمه على الأجهزة ويتطلب ذلك أن تكون القوة المبذولة أثناء الأداء تتناسب مع وزن الجسم والتى يطلق عليها اصطلاح القوة النسبية، ويمكن التعبير عنها بالعلاقة التالية:

$$\text{القوة النسبية} = \frac{\text{القوة القصوى}}{\text{وزن الجسم}}$$

وتكمن فائدة تمايز هذه القيمة فى أن كل من قيمة القوة النسبية للاعب من حيث المقطع الطولى فى فترة زمنية مناسبة، وكذلك قياسات عدد كبير من اللاعبين كمجموعة تدريبية يمكن مقارنة أحدهما بالآخر - وعلى سبيل المثال يمكن للاعب الجمباز أداء الارتكاز التصالبى على الحلق، عندما تكون القوة النسبية التى يحصل عليها من (الوقوف الذراعين جانباً) خفض الذراعين أسفل كما فى الجدول (٦).

جدول (٦) قوة الذراعين من وضع الوقوف الذراعين جانبيا لازريان وشاخلين (عن زاميورسكى)

الاســـــم	القوة القصوى لضم الذراعين من الوقوف الذراعين جانبا	وزن اللاعب	قوة الوزن الزائد	القوة النسبية
أزريان	٨٩	٧٤	١٥ +	١,٢٢
شاخلين	٦٩,٢	٧٠	٠,٨-	٠,٩٨

ويلاحظ أن أزريان (بطل العالم لمدة أربع سنوات على جهاز الحلق) يؤدى فى أحد الجمل الحركية من خمس إلى ست ارتكازات تصالبية منها اثنتان من التعلق للارتكاز التصالبى، أما شاخلين الفائز بالمركز الثانى فى أولمبياد (١٩٦٠م) بعد أزريان على جهاز الحلق لايستطيع أداء هذه الحركات إلا مرة واحدة أو مرتين فقط، ومرد ذلك إلى أن أزريان يتمتع بقوة نسبية أكبر من شاخلين.

٢ ـ السباحة Swimming :

إذا تأملنا الجسم البشرى نجد أنه مكون من مواد مختلفة البعض كثافته أكبر من كثافة الماء مثل الهيكل العظمى والعضلات، ومواد أخرى كثافتها أقل من كثافة الماء وهى أقل من الأولى مثل الدهن.

بالإضافة إلى تجويف الصدر وهو يحتوى على الرئتين الممتلئتين بالهواء وبالطبع كثافة هذا الهواء أقل بكثير جدا من كثافة الماء ونستطيع أن نقول إن للجسم كثافة خاصة تسمى الكثافة النسبية.

ويطفو جسم الإنسان فى الماء اعتمادا على قوة الدفع المائى من أسفل إلى أعلى بالإضافة إلى الكثافة النسبية للجسم.

وفى العادة فإن الجسم البشرى يطفو بسبب خاصية جاذبيته أى الوزن بالنسبة للوحدة الحجمية التى تعد أقل من خاصية جاذبية الماء.

$$\text{خاصية الجاذبية} = \frac{\text{وزن الجسم}}{\text{وزن كمية معادلة من الماء}}$$

ونحن نلاحظ أن الاجسام التى تكون بها نسبة عالية من العظام والعضلات تقل فيها خاصية الطفو بعكس الاجسام التى يدخل فى تركيبها نسبة عالية من الدهن، ولذلك تطفو البنات والسيدات عموما أفضل من الرجال.

وحيث أن جسم الإنسان غير منتظم الشكل متجانس المادة، كما أوضحنا ذلك فإننا نستطيع أن نحصل على خاصية جاذبية عن طريق غمره فى الماء وعن طريق وزن الماء المزاح نستطيع تحديد وزنه وتسمى كمية الماء المزاحة بكمية الماء المفقودة.

وبسبب احتواء منطقة الصدر على الرئتين تصبح خفيفة جدا إذا ما قورنت بحجمها ولذلك تعتبر منطقة معرضة للدفع المائى أكثر من أى منطقة أخرى فى الجسم ويدور جسم الإنسان فى الهواء حول محور يمر بمركز ثقله أما فى الماء فسوف يدور حول مركز الطفو Center of Bouyance والذى يوجد فى منطقة الصدر فوق مركز ثقل الجسم (مركز الثقل العام للجسم).

وعند تطبيق نظرية الروافع فى الجسم البشرى يتضح أنه كلما بعد مركز الثقل عن محور الارتكاز «مركز الطفو»، Center of Buoyance كلما زاد تأثيره كنتيجة لزيادة طول ذراع المقاومة ومن هنا يبدأ الجسم فى الدوران حول مركز الطفو ويفقد توزانه فى الماء ولذلك وبناء على هذه النتيجة تهبط الرجلان إلى أسفل.

ويمكن أن يزداد الطفو والاتزان بزيادة حجم الجسم، دون زيادة وزنه وبرفع مركز الثقل حتى يقترب من مركز الطفو (محور الارتكاز) وبالتالى تقصير ذراع المقاومة.

وحالة من حالات الطفو ينطبق فيها مركز الثقل ومركز الطفو على بعضهما وذلك فى طفو القنديل.

وحيث أن مركز ثقل الجسم فى معظم الأفراد يقع أسفل مركز الطفو مما يتسبب عنه حدوث قوة عزم تسبب الدوران فإن وضع الطفو للغالبية العظمى يصبح فيما بين الوضع الأفقى والوضع العمودى.

وبعض الأفراد لديهم القدرة على الطفو وأرجلهم تحت الصدر مباشرة فى الوضع العمودى، وهذا يعنى أنه عند اتخاذ الوضع الأفقى الثابت للطفو تهبط الرجلان ونتيجة لذلك تتولد كمية حركة بسبب العجلة الحادثة من شدة الجاذبية الأرضية للرجلين، وكمية الحركة هذه تعمل على جذب السباح لأسفل سطح الماء حتى ولو سمحت خاصية الطفو باتخاذ زاوية فوق العمودية وقوة الدفع يمكنها سند الجسم ولكنها ليست كبيرة بالدرجة التى تتغلب بها على كمية الحركة المتولدة من سقوط الرجلين.

ونلاحظ أن رفع الرأس لأعلى باستمرار يسبب خفض القدمين لأسفل فى الماء حيث يكون وضع الجسم الأفقى رافعة من النوع الأول محور ارتكازها مركز الطفو وهى تشبه حركة الأرجوحة فعندما يرتفع أحد طرفيها ينخفض الطرف الآخر.

القوى المحركة فى السباحة :

يتحرك الجسم فى الماء بواسطة حركات الشد والدفع بالذراعين وأيضا حركات الرجلين والجسم يتحرك فى اتجاه عكس القوة المبذولة فالحركة للخلف تحرك الجسم للأمام والحركة تدفع الجسم لأسفل والحركة لأسفل ترفع الجسم لأعلى وأيضا فإن الحركة للجهة التى تحرك الجسم للناحية اليسرى والعكس وهذا الوضع تطبيق لقانون نيوتن للحركة وهو أن لكل فعل رد فعل مساو له فى المقدار ومضاد له فى الاتجاه. وكلما نقصت المقاومة الواقعة على الجسم فى اتجاه حركته أدى ذلك لزيادة سرعته، وأيضا فإن المقاومة الواقعة على الجسم تزداد بزيادة مربع السرعة.

لذلك نلاحظ أن الحركات التى تؤدى وتعمل القوة فيها فى نفس اتجاه حركة السباح تكون بمثابة عامل من عوامل الإعانة لتقدمه وإذا أديت هذه الحركات ببطء تؤدى إلى انخفاض المقاومة، والقوة التى تعمل على تقدم السباح يجب أن تؤدى بقوة وبسرعة، فحركات اليدين والقدمين الإيجابية هى المسئولة عن حركة الجسم ذلك لأن هذه الأجزاء نهايات روافع الطرفين العلوى والسفلى ولكى يمكننا الاستفادة من قدرتيهما يجب أن تؤخذ الزوايا المناسبة لأداء أقصى دفع ضد الماء ولهذا يجب أن يكون وضع اليدين قابلا للتغيير خلال حركة الذراعين حتى تتمكن راحة اليد من شد ودفع الماء للخلف مباشرة وباستمرار.

ولقد أوضح الباحث «كريتون» أن وضع القدمين يجب أن يكون بحيث تتمكن من دفع الماء للخلف فى حركته لأسفل ولأعلى وعند الدفع باليدين والقدمين يكون ذراع المقاومة هو كل الطرف بالنسبة لمحور الكتف أو الفخذ.

بالإضافة إلى أن الجزء النهائى من القدم بعد رافعة قصيرة فى حالة عمل مفصل القدم وبسبب إمكانية وضع اليدين فى شكل يسمح بدفعهما للخلف بطريقة مباشرة مما يؤدى إلى رفع الجسم باليدين أكثر من القدمين.

وعند تحليل «كربوفتش» للقوى الدافعة للجسم فى سباحة الزحف وجد أن السباحين الممتازين يحصلون على ٧٠٪ من حركتهم بواسطة الذراعين، ٣٠٪ بواسطة الرجلين. كما أن السباحين ذوى المستوى المنخفض يحصلون على ٧٧٪ من حركتهم للأمام بواسطة حركات الذراعين.

والسباحة بصورة عامة وعن طريق حركات الذراعين والرجلين هى عبارة عن تحريك الجسم فى حالة السكون فإن ذلك بالطبع يتطلب بذل قوة كبيرة لاستمرار حركة تقدم الجسم به بسبب القصور الذاتى ولذلك يجب أن تؤدى الضربات المختلفة والتى تعمل على تقدم الجسم سواء كانت الذراعين أو الرجلين أن تعمل بتوقيت سليم. ولذلك يجب أن نعرف أن أداء ضربات الذراعين باستمرار دون وجود فترة بين كل ذراع والآخر لن تساعد السباح للحصول على الاسترخاء المطلوب من كل حركة وأخرى «أى من الشد والاسترخاء».

ذلك أن لكل حركة من حركات الذراعين مسافة أمامية فلو استغل السباح لحظة انتهاء هذه المسافة وقام بعمل الحركة الأخرى بالذراع الآخر لاستطاع أن يكتسب مسافة بالإضافة إلى القدرة على الاسترخاء الذى يجعل السباح قادرا على مواصلة السباحة.

ميكانيكا البدء :

والبدء يقصد به انتقال الجسم فى حالة الثبات إلى حالة الحركة على أن يكون انتقال الجسم لأكبر مسافة ممكنة للأمام فى أقصر زمن ممكن.

والبدء يشمل الأقسام الآتية :

١ ـ وضع الاستعداد : وفى هذا الوضع يكون خط الثقل واقعة عموديا على مركز القاعدة التى تتكون من القدمين والمسافة المحصورة بينهما فهذه المسافة ليست محدودة ولكنها تتناسب مع اتساع الحوض بالإضافة إلى ثنى الركبتين لخفض مركز الثقل حتى يستطيع السباح عمل الدفع للأمام.

٢ ـ الانطلاق : للانطلاق عاملين أساسيين هما :

أ ـ زاوية الانطلاق.

ب ـ سرعة الانطلاق.

أولاً: زاوية الانطلاق :

وتتناسب هذه الزاوية مع الغرض المراد تحقيقه هل انطلاق للأمام أو لأعلى عموما فإن أفضل زاوية للانطلاق ٤٠ درجة تقريباً وذلك ليستطيع السباح قطع مسافة كبيرة للأمام فيجب ملاحظة أن الجاذبية الأرضية تعمل دائما على سحب السباح لأسفل، وحيث أن الجزء العلوى للجسد يكون فى اقصى درجات الميل الأمامى فسوف تعمل الجاذبية على شده مع ملاحظة أن القدمين مازالت مرتكزة على مكعبات البدء ولذلك تنتج كمية حركة دورانية.

للجزء العلوى من جسم السباح ولذلك يجب أن يتغلب السباح على هذا الوضع حتى لايسقط بزاوية أقرب ما تكون للقائمة مما يؤدى إلى فقده للمسافة الأمامية وذلك عن طريق سرعة الانطلاق.

ثانياً: سرعة الانطلاق :

وهى السرعة التى ينطلق بها السباح تاركا مكعبات البدء فى أقصر زمن ممكن لاكتساب مسافة أمامية وللتغلب على الوضع السابق الناتج من القصور الذاتى لجسم السباح والذى يكون فى وضع اتزان قلق.

وعليه كانت كمية الدفع التى يجب أن ينطلق بها عمودية خلف مركز الثقل الجسم على الخط الواصل بينه وبين نقطة الارتكاز والتى يمكن تحديدها عن طريق محصلة المركبة الرأسية الناتجة عن دفع الرجلين لأسفل على نقطة البدء وكذلك المركبة الأفقية

الناتجة عن ميل الجسم للأمام ومرجحة الذراعين والمرحلة النهائية لعملية الدفع والتى يتم فيها الدفع بمشطى القدمين وللخلف.

ولمرجحة الذراعين للأمام أهمية فى إنتاج كمية حركة ذات مركبة أفقية للأمام والتى تنتقل إلى الجسم لحظة توقف هذه المرجحة.

٣ – الانطلاق :

أقل الأوضاع مقاومة للهواء هو الوضع الأفقى نتيجة لصغر المساحة التى تكون معرضة لمقاومة الهواء وعليه يراعى عدم حدوث انثناءات فى الجسم وزواياه.

٤ – الدخول إلى الماء :

يجب أن يكون الجسم مستقيماً ومتماسكاً فى مستوى أفقى تقريباً بزاوية من ١٠° إلى ٢٠° عند دخول الماء حتى تكون مقاومة الماء للجسم قليلة أثناء الاصطدام بالماء لحظة الدخول وذلك ناتج من أن السطح المعرض من الجسم للاصطدام سوف يكون صغيراً. والذراعين فى لحظة الدخول إلى الماء تقود الجسم ولذلك يجب عدم تحريكهما حتى لا يجد السباح نفسه فى اتجاه غير مرغوب فيه.

٣ – كرة السلة Basket Ball :

يمكن تقسيم مهارات كرة السلة إلى مجموعات متشابهة من حيث خصائصها الشكلية إلى ما يلى:

١ – التمرير .	Passing
٢ – المحاورة .	Dribbling
٣ – التصويب .	Shooting
٤ – حركات الرجلين .	Footwork
٥ – الوثب .	Jumping

١ – مهارات التمرير : Passing Skills

يهدف اللاعب فى مهارات التمرير إلى توصيل الكرة إلى زميله أى أن الهدف منها إكمال انتقال أو إزاحة الكرة من يد اللاعب أو يديه إلى يدى زميل له فى فريقه سبق أن

مرر التمرير إليه. وحركة التمرير لا تقتصر على حركة الجسم واليدين للاعب فقط بل تشتمل أيضاً على حركة الكرة فى الهواء ما عدا فى بعض الأحوال النادرة التى يسلم فيها لاعب الوسط أو الارتكاز الكرة يداً بيد أو فى حالة دحرجة الكرة على الأرض.

وتتولد قوة الدفع التى تحدد سرعة المرمى لحظة ترك الكرة لليد أو اليدين نتيجة لحركة اليدين أو اليد الواحدة خلال تمرير الكرة. وطيران الكرة باعتبارها مقذوفاً تخضع لقانون المقذوفات وتتحكم فى حركتها العوامل الثلاثة التالية:

١ - سرعة الكرة لحظة الانطلاق Velocity at Release

٢ - ارتفاع الكرة لحظة الانطلاق Hieght at Release

٣ - مقاومة الهواء Air Resistance

١ - سرعة الكرة لحظة الانطلاق Volcity at Release

وهى السرعة التى تترك بها الكرة يد أو يدى اللاعب، وتتحدد بمعرفة سرعة الكرة قبل بداية حركة التمرير وكذلك بواسطة القوى التى ستؤثر عليها أثناء حركة المرمى، وأيضاً مسافة التسارع ويستطيع اللاعب أن يتحكم فى مقدار القوى العضلية اللازمة لاكتساب الكرة سرعة الانطلاق التى يريدها وكذلك اتجاهها.

ونظراً إلى أن نجاح التمرير يتوقف بدرجة كبيرة على مدى اتمامها قبل أن يتدخل الخصم لإعاقتها أو قطعها، فإنه من الضرورى أن تعمل العضلات التى يتم استخدامها بسرعة أولية خاصة. ولذلك فإن قوى العضلات التى تستخدم فى ثنى الأصابع وثنى الرسغ ومد الساعد هى القوى التى تبدأ باستخدامها. أما فى حالة عدم كفاية هذه القوى فى إنجاز الحركة المطلوبة (كما يحدث أحياناً فى حالة التمريرة الطويلة Fast break) فهنا فقط تستخدم قوى الجذع والرجلين والتى يتاح استخدامها بصورة أقل من القوى السابق.

ولا شك أن نجاح التمريرة يتوقف على درجة التوقع الحركى الناجح بين سرعة الكرة واتجاهها والمسافة التى ستقطعها وبين سرعة حركة المستلم واتجاهه والمكان الذى سيستلم فيه الكرة. ولذلك فإن الكرة يجب أن ترمى إلى مكان يتقدم اللاعب المستلم بمسافة كافية تسمح ليديه وللكرة أن تصلا إلى نفس الموقع فى نفس الوقت.

٢ – ارتفاع الكرة لحظة الانطلاق Height at Release

يتحدد ارتفاع الكرة الذى تبدأ منه التمريرة على التمريرة نفسها وعلى الخواص الجسمانية للاعب الممرر نفسه.

٣ – مقاومة الهواء Air Resistance

نظراً لكبر حجم كرة السلة فإن مقطع المساحة المقابلة للهواء فى كرة السلة أكبر منها نسبياً لمقطع أى كرة أخرى تستعمل فى المباريات الرياضية، ولكن السرعة التى تتحرك بها كرة السلة فى الهواء تعتبر نسبياً أقل من سرعة أى كرة. ولأن السرعة تعتبر عاملاً أكثر فعالية فى تحديد مقدار مقاومة الهواء، من مساحة مقطع الكرة المقابل للهواء فإن مقاومة الهواء لكرة السلة قليلة نسبياً – إلى درجة يمكن فيها اعتبارها غير ذات أهمية.

عندما يبدأ أحد اللاعبين فى تمرير كرة السلة فإنه فى نفس الوقت يبدأ فى اكسابها حركة الدوران للخلف Back spin وفى أغلب التمريرات فإن هذا الدوران الخلفى للكرة يعمل على تقليل معدل سقوط الكرة تحت تأثير الجاذبية الأرضية – انظر تأثير ماجنوس – وإذا كان الدوران الخلفى للكرة ليس كبيراً لدرجة تجعل استلامها صعباً على اللاعب المستلم، فإن وجود هذا النوع من الدوران يعتبر من الأمور المرغوبة فى التمريرة حيث أنه يجعل الكرة تأخذ مساراً أكثر استقامة. ومن ناحية أخرى فإن اللاعب الممرر يمكنه إكساب الكرة دوراناً جانبياً. هذا الدوران الجانبى سوف يتسبب فى إكساب الكرة انحرافاً جانبياً فى مسارها أثناء الطيران.

ويؤدى الدوران الجانبى للكرة إلى عدم تحديد اللاعب المستلم مكان استلامها وبالتالى يخطىء فى استلامها. لذلك يجب تجنب إكساب الكرة دوراناً جانبياً إلا فى حالة التدريب والتفاهم مع الزميل.

ولكى يستطيع اللاعب المستلم للكرة عقب تمريرها النجاح فى الإمساك بالكرة لابد أن تصل سرعة الكرة للصفر ولكى يحدث ذلك على اللاعب المستلم بذل قوى تؤثر على الكرة فى الاتجاه المضاد لاتجاه حركة الكرة.

ويلاحظ فى أثناء بذل القوى لاستقبال الكرة تتعرض يد اللاعب المستلم لضغط معين، لذا يصبح من الأفضل استقبال الكرة باليدين معاً مما يؤدى إلى إقلال قوة صدمة الكرة لليدين حيث توزع قوة الصدمة على مساحة أكبر.

الخصائص الفنية للتمرير : Passing Technique

يوجد طريقين أساسيين للتقدم بالكرة فى ملعب كرة السلة أحدهما المحاورة بالكرة (تنطيط الكرة) والأخرى تمرير الكرة.

ويعتبر التمرير هو الوسيلة الأكثر فعالية وأكثر انتشاراً بين اللاعبين من هذين الطريقين. وعلى الرغم من وجود أنواع مختلفة للتمريرات التى يمكن استخدامها إلا أن عدداً قليلاً منها هو المستخدم غالباً أثناء المباراة. أما التمريرات الأخرى فإن لها استخدامات خاصة تحددها ظروف خاصة أثناء اللعب.

وفى دراسة آلسن وروفنه Allsen & Ruffner (١٩٦٩م) (٥٨ : ٩٤-١٠٥) عند مدى فعالية وشيوع استخدام الأنواع المختلفة للتمريرات أثناء المباريات اتضح أن التمريرة الصدرية هى الأكثر شيوعاً واستخداماً من كل أنواع التمريرات الأخرى، حيث كانت نسبة استخدام هذه التمرير ٣٨,٦٪ أما تمرير الكرة باليد الواحدة من مستوى الكتف فقد حصلت على ١٨,٩٪ وتلتها تمرير الكرة باليدين من فوق الرأس حيث بلغت نسبتها ١٦,٦٪ وقد حصلت كل من التمريرة الأرضية باليد الواحدة واليدين على ٧,٣٪ ، ٧,٢٪ ، على التوالى. واختلفت نسبة استخدام الأنواع الأخرى المختلفة من التمريرات بين اللاعبين كما اختلفت أيضاً نسبة النجاح فى إتمام التمريرات ودرجة الفعالية فيها. وقد أوضحت هذه الدراسة أن التمريرات الأرضية كانت أقل التمريرات نجاحاً حيث فشلت ١٦,٤٪ من التمريرات الأرضية واستطاع الخصم أن يستولى فيها على الكرة. كما تلتها التمريرة باليد الواحدة فى درجة الفشل حيث لم تنجح ٩,٣٪ من هذه التمريرات. فى حين أن التمريرة العالية باليدين فلم ينجح منها ٧,٧٪ وفشلت نسبة ٦,٥٪ من تمريرة اليدين من فوق الرأس. وكانت أنجح التمريرات هى التمريرة الصدرية باليدين تمريرة Shouel حيث فشلت كل منها بنسبة ٢,٥٪.

التمريرة الصدرية Chest Pass :

تبين من نتائج دراسة ألسن وروفنه Allsen & Ruffner (١٩٦٩م) أن التمريرة الصدرية ليست فقط الأكثر شيوعا فى الاستخدام بل أيضا الأكثر فعالية ونجاحا (٥٨ : ٩٤-١٠٥).

ولأداء هذه التمريرة يمسك اللاعب الكرة فى مستوى الصدر تقريبا باليدين معا. ويكون أصبعى الإبهامين متجهين إلى بعضهما البعض بينما تكون باقى الأصابع بعيدة عن بعضهما ومنتشرة خلف الكرة بدون تصلب. ويكون المرفقين أمام الصدر فى وضع انثناء. ويسحب اللاعب الكرة من هذا الوضع إلى الخلف ولأسفل قليلا حيث ينثنى الرسغان قليلا إلى الخلف قبل أن تؤثر بقوته العضلية على الكرة لتسير فى الإتجاه المطلوب التمرير إليه. وعملية ثنى رسغى اليدين قليلا إلى الخلف مع سحب الكرة وثنى المرفقين قليلا إلى أسفل والى الخلف هى حركة رجعية الغرض منها زيادة مد العضلات التى ستقوم بدفع الكرة قبل عملية انقباض هذه العضلات مما يزيد من قوة مرونتها وبالتالى فعاليتها. بالإضافة إلى أن هذا الوضع يتيح لرسغى اليدين واليدين مسافة أكبر تتسارع فيها القوى المؤثرة على الكرة مما يزيد من سرعتها لحظة انطلاقها حيث تتناسب هذه المسافة طرديا مع مربع السرعة وفق المعادلة التالية :

$$ق (س_{٢} - س_{١}) = ١/٢ ك (ع^{٢}_{٢} - ع^{٢}_{١})$$

حيث ق = قوى العضلات، $س_{١}$ = المسافة لحظة بداية الرمى

$س_{٢}$ = المسافة لحظة انتهاء الدفع، ك = كتلة الكرة

$ع_{١}$ = سرعة الكرة لحظة بداية الرمى ، $ع_{٢}$ = سرعة الكرة لحظة انتهاء الدفع.

وحيث أن كتلة الكرة ثابتة، فإن مربع السرعة يتناسب طرديا مع زيادة قوة العضلات، ومسافة التسارع ($س_{٢} - س_{١}$) فإذا كانت قوى العضلات = مقدار ثابتا فإن مربع السرعة يتناسب طرديا مع زيادة مسافة التسارع. وبما أن هذه المسافة تصل لأقصى قيمة لها عند مد الذراع إلى الأمام إلى أقصى امتداد، وأن هذا الامتداد محدد بطول الذراعين، فإن اللاعب يمكنه أن يزيد من هذه المسافة بأخذ خطوة للأمام أثناء التمريرة. وذلك ما يلجأ إليه اللاعبين خاصة إذا كان هدف هذه التمريرة هو توصيل الكرة إلى مسافة كبيرة.

أما حركة الأصابع فهى تعمل على إعطاء الكرة دفعاً اضافيا يزيد من سرعة انطلاقها، كما أنها تكسبها حركة الدوران المطلوبة وبما أن التمريرة تؤدى غالبا بحيث تصل الكرة إلى المستقبل فى المنطقة مابين الوسط والكتف، فإنه من الضرورى أن يتم إطلاق الكرة من الرامى عند زاوية أعلى بقليل من المستوى الأفقى لارتفاع الكتف، حيث يؤخذ فى الاعتبار تأثير قوة الجاذبية الأرضية على الكرة أثناء مسارها فى الهواء. وقد يتساءل البعض مما يلاحظون توجيهات بعض المدربين أو المدرسين لتلاميذهم من حتمية تمرير الكرة فى خط أفقى مواز لسطح الأرض. والجواب عن هذا التساؤل هو أن ذلك أمرا مستحيلا تحقيقه لأن الكرة تقع كلية تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية بمجرد ترك اليد عنها، وكلما طال زمن بقاء الكرة فى الهواء كلما زاد تأثير قوة الجاذبية الأرضية خفض مستوى ارتفاع نقطة الاستلام بمعنى كلما قلت سرعة انطلاق الكرة كلما كان استقبالها على ارتفاع أقل.

وبالنسبة للقوى المطلوبة لأداء التمريرات القصيرة التى تتراوح ما بين ٤ - ٥ أمتار فإن العضلات المثنية للرسغ والأصابع هى التى تقوم أساسا بهذا العمل مع المشاركة البسيطة للعضلات المادة للذراع. أما التمريرات الطويلة فإن العضلات المادة للذراع تشترك بصورة أساسية بجانب عضلات الرجلين والذراع.

التمريرة فوق الرأس Over head pass

تؤدى هذه التمريرة من وضع تكون فيه اليدين ممتدتين تقريبا إلى أعلى والكرة أمام الرأس قليلا ليبعدها عن الخصم الذى قد يحاول الحصول عليها من الخلف، وهذا الوضع يجعل اللاعب الممسك بالكرة أقدر على التحكم فيها وتوجيهها خلال تمريرها إلى الإمام أو إلى الأسفل عنها لو كان وضع الكرة فوق الرأس مباشرة. ويمسك اللاعب الكرة بحيث تكون الأصابع مفتوحة وملتفة حول الكرة ومتجهة إلى أعلى بينما يكون أصبعا الإبهام متجهين إلى الداخل. ولزيادة حماية الكرة وإبعادها عن محاولات الخصم للحصول عليها يثنى اللاعب مرفقيه قليلا إلى الخارج.

وتتم حركة الرمى عن طريق حركة ثنى سريعة للرسغين والأصابع مصحوبة بخطوة إلى الأمام وثنى فى مفصلى القدمين يرفع الجسم إلى أعلى للوقوف على

الأمشاط. وهذه الحركات المصاحبة لحركة الرمى تساهم بلا شك فى إنجاح التمريرة وزيادة فاعليتها، حيث أن الخطوة الأمامية تزيد من مسافة التسارع كما سبق القول فى التمريرة الصدرية، بينما تعمل حركة ثنى القدمين على زيادة ارتفاع الكرة حيث يقف اللاعب نتيجة لهذه الحركة على مشطيه، ويؤدى ذلك بالتالى إلى زيادة طاقة الوضع بالنسبة للكرة ويجعل اللاعب أكثر قدرة على توجيه الكرة وزيادة سرعتها.

أما زاوية الرمى فإنها تكون تحت المستوى الأفقى، إلا فى الحالات التى يريد الرامى أن يمررها من فوق أحد أفراد الدفاع.

وهذه الزاوية تحددها مسافة الرامى وسرعة الكرة لحظة الانطلاق. فكلما كانت المسافة طويلة أو السرعة قليلة، كلما كانت الزاوية أقرب إلى المستوى الأفقى. . ولما كانت أغلب القوى المؤثرة على الكرة لحظة الرمى ناتجة عن حركة انثناء الرسغين والأصابع، فإنه من الطبيعى أن تكون حركة المتابعة أو المرحلة النهائية لحركة الرمى هنا محدودة.

التمريرة الأرضية - رمية الارتداد Passe Rolled Along the Floor-Rebound Passe:

تستخدم هذه الرمية لتمرير الكرة إلى الزميل من خلال منطقة مزدحمة أو من أسفل لاعب دفاع طويل القامة، وتتشابه تمريرة الارتداد باليدين مع التمريرة الصدرية من حيث فنية أدائها، غير أنها تختلف عنها فى النقطة التى توجه إليها الكرة. فبدلا من توجيه الكرة إلى يدى أو صدر الزميل، فإنها توجه إلى نقطة على الأرض لترتد وتعود منها إلى الزميل المستقبل.

وأنسب نقطة للارتداد بالنسبة للكرة هى النقطة التى تقع فى ثلثى المسافة بين الرامى والمستقبل.

وتتأثر سرعة ارتداد الكرة وزاوية أو اتجاه ارتداد الكرة بقوة تصادم الكرة بالأرض وزاوية اصطدامها تأثرا كبيرا، فكلما كانت قوة التصادم بالأرض كبيرة، كلما كانت قوة الارتداد كبيرة. ولكن قوة التصادم تؤثر عليها حالة الكرة لحظة التصادم، فإذا كانت الكرة تدور إلى الخارج أى فى اتجاه المستقبل فإن هذا سيزيد من سرعة الكرة عند الارتداد. إما إذا كانت الكرة تدور للداخل فسوف يقلل ذلك من سرعة الكرة ويغير

ايضاً اتجاهها وتقع في يد الدفاع، كما يستخدم الدوران الجانبى فى بعض الحالات الخاصة.

ويجب ملاحظة أن التمريرة المرتدة تستغرق وقتا أطول لإتمامها مالم تكن القوة المبذولة من اللاعب الرامى كبيرة بحيث تعوض الفاقد من القوى بسبب قوة الاحتكاك. ولزيادة القوة المبذولة من اللاعب يتطلب الأمر ضرورة اشتراك القدمين والجذع فى عملية التمرير.

التمريرة الجانبية بذراع واحد Baseball Pass :

لضمان أداء هذه الرمية بصورة صحيحة ترفع الكرة فوق وخلف الكتف اليمنى بالنسبة للاعب الايمن - تكون الأصابع مفتوحة ومتجهة لأعلى - وتكون يده اليمنى خلف الكرة بينما تكون اليد اليسرى حامية للكرة. وتكون القدمان متباعدتان بعدا مناسبا ومتجهتان بحيث يمكن أن يمر خط واحد بكعب القدم الخلفية ومشط القدم الأمامية فى اتجاه الرمى المرغوب.

ويمكن هذا الوضع الحوض من الدوران إلى الأمام أثناء الرمى وبالتالى يزيد من قوة رمى الكرة. ويسمح هذا الوضع برمى الكرة بتوافق كامل مع حركة دوران الحوض متبوعة بحركة الكتف الرامى والذراع والرسغ والأصابع.

والجدير بالذكر أن هذه التمريرة غالبا تستخدم لمساعدة الزميل على انجاز اقتحام سريع Bast Break أو تسجيل هدف مباشر.

٣ - مهارات المحاورة Dribbling Skills :

تختلف سرعة وارتفاع حركة المحاورة طبقا للظروف التى تؤدى فيها، إلا أن التكنيك المتبع فيها جميعا متشابه.

وتبدأ حركة المحاورة من وضع أحد اليدين على سطح الكرة ومد المرفق مع حركة ثنى فى رسغ اليد والأصابع لدفع الكرة إلى أسفل فى اتجاه سطح الأرض، وعلى أثر ارتداد الكرة إلى أعلى فإن أحد اليدين - غالبا نفس اليد التى دفعت الكرة إلى أسفل - توضع مرة أخرى فوق سطح الكرة لتكرار العملية.

ويلاحظ أن المبتدىء يحاول أن يضرب الكرة بيد صلبة عند محاولة تنطيط الكرة أو لممارسة حركة المحاورة بالكرة. فى حين نجد اللاعب المتدرب تكون يده مسترخية وملازمة للكرة فترة أطول منها لدى اللاعب المبتدىء. ويؤدى قصر ملامسة اللاعب المبتدىء للكرة إلى بذل قوة أكبر لضرب الكرة حتى تصطدم بالأرض وتعود إليه مرة أخرى، بينما اللاعب المدرب لا يبذل قوة كبيرة فى دفع الكرة وذلك لأن زمن ملازمة يده للكرة كبير. ومرد ذلك أن العلاقة الناتجة بين قوة الدفع والتغير فى كمية الحركة

ق . ن = ك . ع

وتوضح هذه المعادلة أن زيادة زمن الدفع ينتج عنه زيادة سرعة الكرة. فإذا كان زمن الدفع قليلا، فإنه لابد من زيادة القوة العضلية حتى تحصل على نفس السرعة التى حصلنا عليها فى الحالة الأولى. والمقصود هنا بزمن الدفع هو الزمن الذى يبدأ فيه اللاعب دفع الكرة إلى أسفل.

ويعرف زمن ملامسة يد اللاعب للكرة عند ارتدادها لأعلى وقبل دفعها لأسفل بزمن استقبال الكرة وزمن دفع الكرة بزمن دفع الكرة ومجموع الزمنين يطلق عليهما زمن مصاحبة الكرة. وتوضح بعض الدراسات أن هذا الزمن يزداد فى المحاورة العالية عنه فى المحاورة المنخفضة، وكلما زاد زمن مصاحبة اليد للكرة كلما زادت درجة التحكم والسيطرة على الكرة.

٣ ـ مهارة التصويب : Shooting Skills

يهدف التصويب فى كرة السلة إلى انتقال الكرة من يد اللاعب إلى الدخول فى السلة وقد عرف ودن Wooden التصويبة بأنها تمريرة إلى السلة.

وتخضع الكرة خلال تصويبها نحو السلة لقانون المقذوفات لذلك، فإن مسارها يتأثر بارتفاع الكرة لحظة الرمى أو التصويب، وسرعة الانطلاق وزاوية هذه السرع، وقوة مقاومة الهواء للكرة أثناء طيرانها.

ويتحدد ارتفاع الكرة لحظة انطلاقها بطول اللاعب أو تكوينه المرفولوجى وكذلك نوع التصويبة التى يؤديها. ونوع التصويبة بالتالى يتأثر بمكان اللاعب فى الملعب أثناء التصويب، وبتفضيله لنوع من التصويب عن نوع آخر.

فإذا افترضنا أن ارتفاع التصويبة ثابت، فإن نجاحها يتوقف على مدى الربط بين سرعة التصويب وزاوية الانطلاق ويتوقف هذا على المسافة التى يصوب منها اللاعب وعلى موقف وإمكانية الدفاع وكذلك الزاوية التى تدخل بها الكرة هدف السلة وهذه الزاوية يمكن أن يطلق عليها زاوية الدخول (٦٠ : ٧١)

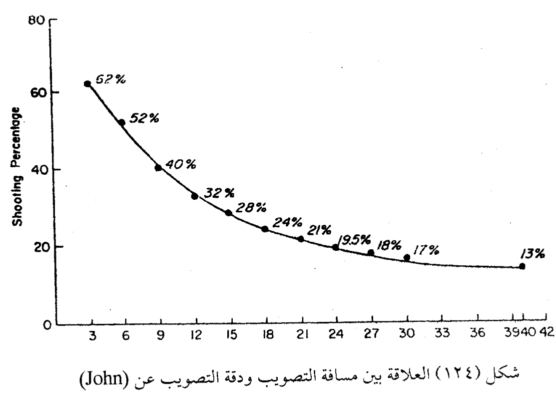
مسافة التصويب Distacne of Shot :

إن مسافة الرمى لها تأثير مباشر على سرعة الانطلاق المطلوبة، وسرعة الانطلاق ومسافة التصويب لها كذلك علاقة متداخلة مع زاوية الانطلاق - حسب قانون حركة المقذوفات.

ويؤكد جون John عام (١٩٦٢م) (٥٢ : ٢٥٦) فى دراسته عن العلاقة بين طول مسافة التصويب ودقة التصويب أثناء مباريات كرة السلة على النتائج الهامة الآتية شكل (١٢٣):

- التصويبة من على بعد ٩ أقدام أفضل فى المتوسط من تصويبتين من على بعد ٢٤ قدماً.

- التصويبة من على بعد ٣ أقدام أفضل فى المتوسط من تصويبتين من على بعد ١٥ قدماً أو ثلاث تصويبات من على بعد ٢٤ قدماً.



شكل (١٢٤) العلاقة بين مسافة التصويب ودقة التصويب عن (John)

موقف لاعب الدفاع وإمكاناته :

تتأثر سرعة وزاوية انطلاق الكرة عند التصويب بموقف لاعب الدفاع بالنسبة للاعب التصويب وتكوينه البدنى وقدرته على الوثب حيث يلاحظ أنه كلما كان اللاعب المدافع قريبا من اللاعب المصوب كلما كان تأثير طوله كبيرا فى إعاقة التصويب، وكلما كان تأثير طوله كبيرا فى إعاقة التصويب، كلما كانت ذراعه أقدر على الوصول إلى الكرة. وأيضا كلما كانت وثبته ذات فاعلية أكثر.

لذا فإنه يتحتم على اللاعب المصوب أن يصوب الكرة بسرعة وزاوية انطلاق كبيرة تسمح لمسارها بأن يكون فوق متناول اللاعب المدافع.

زاوية الدخول Angle of Entry :

تلعب زاوية الدخول فى إصابة الهدف دورا هاما وأكثر تعقيدا من الدور الذى تلعبه العوامل الأخرى السابقة، لذلك فهى تتطلب مناقشة أكثر تفصيلا.

فإذا افترضنا أن الكرة اقتربت من حلقة السلة بزاوية عمودية على المستوى الأفقى أى (٩٠ درجة)، فإنها سوف تسقط مباشرة فى حلقة السلة دون أن تمسها، وسيكون قطر السلة وهو (١٨ بوصة) أكبر من قطر الكرة وخارجا عنها من جميع جوانبها شكل (١٢٥ ـ أ).

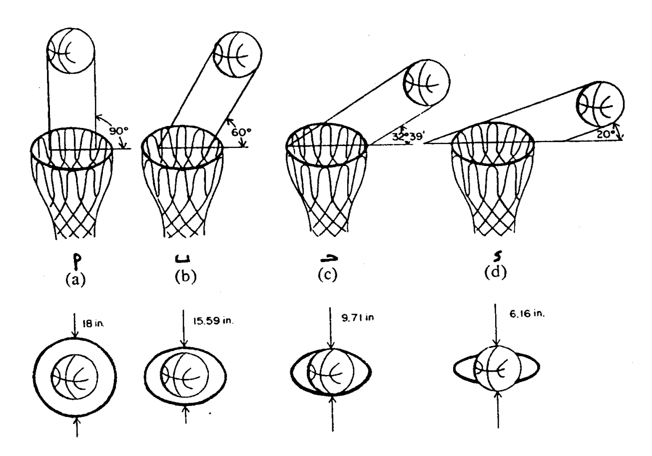
أما فى حالة اقتراب الكرة من حلقة السلة بزاوية أقل شكل (١٢٥ ـ ب ، جـ ، د) فإن قطر حلقة السلة أو اتساعها العمودى على مسار الكرة سوف يكون له نفس الاتساع أى (١٨ بوصة) أما القطر والاتساع الآخر العمودى عليه فسيكون شكله بيضاوى واتساعه أقل. وهذا هو الذى سيقرر إمكان مرور الكرة من الحلقة من عدمه.

ويمكن تحديد طول هذا القطر باستخدام المعادلة التالية :

ط = (١٨ × جا $\hat{\alpha}$) بوصة

حيث ط = القطر، $\hat{\alpha}$ = زاوية الدخول

فإذا كانت زاوية الدخول تسمح للكرة بالمرور عبر القطر المستعرض هى ٣٢,٣٥ درجة، فإنه فى نفس الوقت لايمكن اعتبار الزاوية ٩٠ درجة هى أمثل زاوية دخول فى



شكل (١٢٥) زوايا دخول كرة السلة وعلاقتها بقطر الكرة واختلاف نسب الخطأ باختلاف زاوية دخول الكرة

حالة تصويب الكرة من أى نقطة أخرى غير عمودية على مركز حلقة السلة، إذ أن تكون أقل من ذلك بقليل بسبب المسار المنحنى الذى تتخذه الكرة. وأن أقرب زاوية رمى فى هذه الحالة يمكن أن تكون نظريا تساوى ٨٩,٩٠ درجة ولكن هذه الزاوية ـ كما سيتضح بعد ذلك ـ لايمكن تحقيقها عمليا ـ وأن زاوية الرمى الفعلية أو العملية أقل من ذلك بكثير.

بما أن القطر المستعرض يزداد كلما ازدادت زاوية الرمى، وبما أن زيادة القطر المستعرض يقلل من احتمالات الخطأ فى الإصابة ويزيد من فرص تحقيق الهدف حيث تتسع المساحة التى تمر منها الكرة عبر حلقة السلة، فإن زيادة زاوية الرمى تقلل من احتمالات الخطأ وتزيد من فرص النجاح.

وتتوقف زيادة فرص نجاح الإصابة على نسبة زيادة القطر المستعرض عن قطر الكرة فى كل زاوية دخول. وعلى ذلك يمكن حساب احتمالات الخطأ التى لازالت تسمح بإصابات الهدف فى كل زاوية رمى وفق المعادلة التالية:

ح + (٩ حا $\hat{\alpha}$ - ر)

حيث ح = احتمالات الخطأ

$\hat{\alpha}$ = زاوية الدخول

ر = قطر كرة السلة

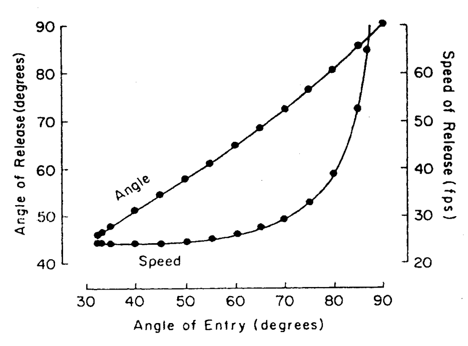
وبتطبيق المعادلة السابقة يمكن استخراج العلاقة بين ج ، $\hat{\alpha}$

جدول (٧) احتمالات الخطأ المتاح خلال التصويب فى كرة السلة

زاوية الدخول بالدرجات الستينية	احتمالات الخطأ بالبوصة
٩٠	± ٤,١٥
٨٠	± ٤,٠١
٧٠	± ٣,٦
٦٠	± ٢,٩٤
٥٠	± ٢,٠٤
٤٠	± ٠,٩٣
°٣٢,٣٩	± ٠,٠٠٠

ومنها يتضح أن احتمالات أو فرص الخطأ المتاحة أثناء التصويب بزاوية دخول تعادل ٣٢,٣٩ درجة تعادل صفر. وذلك لأن القطر المستعرض فى هذه الحالة يعادل تماما قطر السلة، بينما احتمالات الخطأ المتاحة تصل أقصاها إذا كانت زاوية الدخول تعادل ٩٠ درجة لأن طول القطر المستعرض يعادل فى هذه الحالة قطر كرة السلة + ٢ (٤,١٥ = ٩,٧١ + ٨,٣٠ = ١٨,٠١ بوصة) ولكن هل يمكن التصويب بزاوية دخول ٩٠ درجة حتى تزيد من الاحتمالات المتاحة أو بمعنى آخر تزيد من فرص إصابة الهدف. فى الحقيقة توجد اعتبارات أخرى تؤثر على حركة التصويب، إحدى هذه العوامل أنه كلما زادت زاوية الدخول كلما تطلب ذلك زيادة سرعة رمى الكرة وزيادة زاوية الرمى كذلك ففى حالة الرمية الحرة مثلا (١٥ قدما) والتصويب من ارتفاع (٧

أقدام) فوق سطح الأرض يمكن توضيح العلاقة بين زاوية الدخول وسرعة وزاوية الانطلاق فى الشكل التالى (١٢٦) :



شكل (١٢٦) العلاقة بين زاوية دخول الكرة وزاوية انطلاقها من يد اللاعب

ويتضح من دراسة الشكل (١٢٦) أنه فى هذه الحالة لكى تصوب الكرة إلى حلقة السلة من الارتفاع والمسافة المذكورين وتهبط بزاوية تقترب من ٩٠ درجة يعتبر أمرا مستحيلا عمليا.

فمثلا إذا كانت زاوية الدخول ٨٧ درجة فإن ذلك يتطلب أن تكون سرعة انطلاق الكرة من اليد حوالى ٦٥ قدم/ث أو (٤٤ ميل/ ساعة) وهذه بالطبع سرعة خارقة لايمكن لأى رياضى أن يصل إليها. وحتى لو استطاع أحد اللاعبين أن يصوب الكرة بمثل هذه السرعة فإن ارتفاع أى ملعب مغلق لن يسمح للكرة بأن تأخذ مسارها الطبيعى حيث أن ارتفاع الكرة سيصل إلى حوالى ٧٢ قدماً فوق سطح أرض الملعب، وهو ارتفاع يعادل ارتفاع منزل من ستة طوابق.

ويوجد عامل آخر يجب وضعه فى الاعتبار عند التحدث عن الزاوية المناسبة للدخول، وهو تأثير أى انحراف بسيط فى زاوية الرمى أو التصويب على مسافة الرمية أو التصويبة، وتؤكد مورتيمر Mortimer (١٩٥١م) (٤٠ : ٢٣٨) على أن الانحراف

فى زاوية الرمى بمقدار درجة واحدة عن مركز الحلقة يزداد كلما ازدادت زاوية الرمى. لهذا فإنه بينما نجد أن زاوية الرمى أو التصويب الكبيرة مرغوبة لأن يترتب عليها حدوث زاوية دخول للكرة كبيرة، فإننا نجد أيضا فى نفس الوقت أن الزوايا الصغيرة تكون مرغوبة أكثر لأنها لاتتطلب نفس درجة الدقة التى تتطلبها الزوايا الكبيرة لحظة ترك الكرة يد اللاعب. ويمكن قياس مدى تأثير كل عامل من العوامل السابقة على الزاوية المناسبة لدخول الكرة الحلقة من خلال البيانات المدونة بالجدول (٨) التالى:

جدول (٨) الزوايا المناسبة لدخول الكرة إلى الحلقة لانطلاق الكرة من يد اللاعب من مسافة ١٥ قدماً

زاوية الدخول بالدرجة	زاوية الانطلاق بالدرجة	مدى الخطأ المتاح	الخطأ الناتج من انحراف زاوية الرمى بمقدار درجة واحدة	
			+ درجة	- درجة
٣٢,٦٥	٤٦,١٤	٠,٠٠	١,٤٣	-١,٨٤
٣٣	٤٦,١٨	٠,٠٥	١,٣٤	-
٣٤	٤٧,٠٦	٠,١٨	٢,٠٩	-١,٤٨
٣٥	٤٧,٧٣	٠,٣١	٠,٨٤	-١,٢٢
٣٦	٤٨,٤١	٠,٤٤	٠,٦٠	-٠,٩٧
٣٧	٤٩,٠٨	٠,٥٦	٠,٣٧	-٠,٧٣
٣٨	٤٩,٧٥	٠,٦٩	٠,٢٤	-٠,٤٩
٣٩	٥٠,٤٢	٠,٨١	-٠,٠٩	-٠,٢٥
٤٠	٥١,١٠	٠,٩٣	-٠,٣١	-٠,٠٢
٤١	٥٢,٧٧	١,٠٥	-٠,٥٤	-٠,٢١
٤٢	٥٢,٤٤	١,١٧	-٠,٧٦	٠,٤٣
٤٣	٥٣,٢١	١,٢٨	-٠,٩٧	٠,٦٦
٤٤	٥٣,٧٩	١,٤٠	-١,١٩	٠,٨٨
٤٥	٥٤,٤٦	١,٥١	-١,٤١	١,١٠

تابع جدول (٨)

زاوية الدخول بالدرجة	زاوية الانطلاق بالدرجة	مدى الخطأ المتاح	الخطأ الناتج من انحراف زاوية الرمى بمقدار درجة واحدة	
			+ درجة	− درجة
٤٦	٥٥,٣٤	١,٦٢	− ١,٦٣	١,٣٢
٤٧	٥٥,٨٢	١,٧٣	− ٢,٨٤	١,٥٥
٤٨	٥٦,٥٠	١,٨٣	− ٢,٠٦	١,٧٧
٤٩	٥٧,١٨	١,٩٤	− ٢,٢٨	١,٩٩
٥٠	٥٧,٨٦	٢,٠٤	− ٢,٥١	٢,٢٢
٦٠	٦٤,٨٧	٢,٩٤	− ٥,٠١	٤,٧٥
٧٠	٧٢,٣٧	٣,٦٠	− ٨,٨٦	٨,٦٢
٨٠	٨٠,٦٥	٤,٠٠	− ٣٨,٦٣	١٨,٤٠
٨٩,٩٨	٨٩,٩٨	٤,١٥	− ١٠,٦٤٣,٦٦	١٠,٦٤٤,٠٠

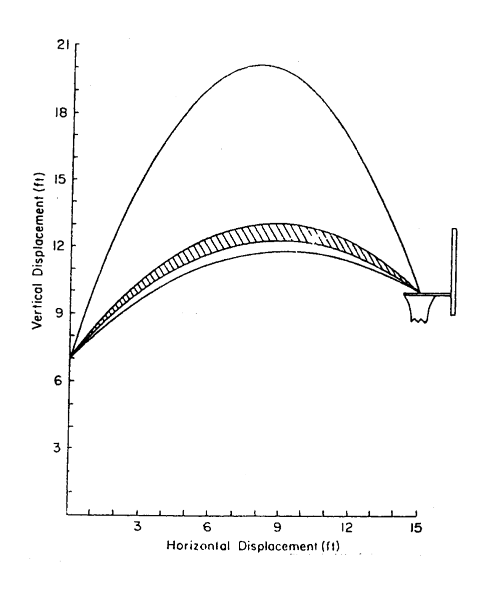
* يدل العدد الموجب على أن مركز الكرة بعيد عن مركز الحلقة بهذه القيمة، بينما يدل العدد السالب على أن الكرة تسقط قبل مركز الحلقة بنفس القيمة، الزوايا من ٣٨ ـ ٤٥ هى أنسب الزوايا لدخول الكرة إلى الحلقة.

يوضح الجدول (٨) الزوايا المناسبة لدخول الكرة إلى الحلقة لانطلاق الكرة من يد اللاعب من مسافة ١٥ قدم ومدى الخطأ المتاح بالنسبة لكل زاوية انطلاق وكذا الخطأ الناجم عن انحراف زاوية الرمى بمقدار ± درجة واحدة كما يبين الشكل (١٢٧) مسارات الرميات مع زوايا الانطلاق من أقل زاوية ممكنة لإصابة ناجحة وهى ٤٦ درجة، أكبر زاوية ممكنة للتصويب أثناء المباريات وهى ٧٣ درجة. ويلاحظ أن أنسب الزوايا للرمى هى التى تتخذ مسارات القوس السفلى (٤١ : ٢١٩).

وفى حالة تصادم الكرة بحافة الحلقة أو اللوحة الخشبية فإن أهم العوامل التى تتحكم فى رد الفعل أو نتيجة الصدمة يحتمل أن تكون كما يلى:

(أ) النقطة التى تصطدم بالحلقة أو اللوحة الخشبية الخلفية.

(ب) سرعة النقطة عند لحظة التصادم.



شكل (١٢٧) إزاحة الكرة فى اتجاه كلا المركبتين الرأسية والأفقية للتصويبة الحرة
من ارتفاع ٧ قدم عند زوايا انطلاق مقدارها ٤٦، ٤٩، ٥٥، ٧٣
(تمثل المساحة المظللة) انسب زوايا الرمى) (عن جيمس هاى)

(جـ) مدى أو درجة واتجاه دوران الكرة (نقطة التصادم).

وبالرغم من صعوبة وضع توصيات عامة فى مثل هذه الحالة السابقة التى تتداخل فيها العوامل بصورة معقدة إلا أنه يمكن القول بصفة عامة أن ملامسة الكرة لحلقة السلة أثناء رمية أو إصابة انسيابية وغير قوية - سرعة بسيطة نسبيا أثناء تصادم الكرة مع لوحة السلة - مع وجود دوران خلفى للكرة أثناء التصادم يزيد من احتمال تحقيق دخول الكرة فى حلقة السلة (٤٠ : ٢٢٠، ٢٢١).

الخصائص الفنية للتصويب Technique of Shot :

يعتبر التصويب الوسيلة الوحيدة الممكنة لتسجيل النقاط (الأهداف) لذا فهى من أهم المهارات فى مباريات كرة السلة.

لذا حظت فنية أداء التصويب اهتمام كل من المدربين واللاعبين على حد سواء. وتؤكد نتائج الدراسات الإحصائية التى قام بها بون Bunn استمرار ارتفاع مستوى التصويب فى مباريات الجامعات لكرة السلة خلال ١٨ عاما. وطبقا للاحصائيات، التى جمعها هارفى Harvey (٥٢: ٢٢-٢٦) من ٧٣٤٠٠ مباراة رئيسية للجامعات خلال الأعوام من ١٩٤٩ إلى ١٩٦٦ والموضحة فى شكل (١٢٨)، أمكن التوصل إلى الحقائق التالية:

(١) ازدياد عدد النقاط بحوالى أكثر من ٤٠٪ فى المباراة الواحدة ارتفاع المتوسط الحسابى من ١٠٩,٥ نقطة فى عام ١٩٤٩ إلى ١٥٤,٩ نقطة فى عام ١٩٦٩م.

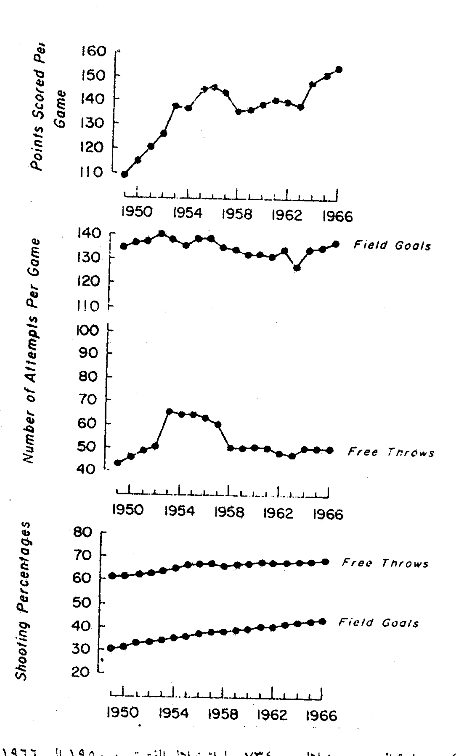
(٢) ثبات عدد محاولات التصويب أثناء المباراة الواحدة تقريبا.

(٣) ثبات عدد الرميات الحرة تقريبا فى المباراة الواحدة ماعدا خلال فترة الخمس سنوات - من ١٩٥٢م إلى ١٩٥٧م - وهى الفترة التى تعدل فيها قانون كرة السلة.

(٤) كانت نسبة زيادة الإصابات ذات معدل ثابت سواء بالنسبة للرمية الحرة أو الرمى أثناء المباراة.

وتوضح الدراسة السابقة أن ارتفاع نسبة التصويب الناتجة من محاولات التصويب مردها إلى زيادة دقة ومهارة اللاعبين فى التصويب وليس إلى زيادة عدد المحاولات.

ويوجد العديد من حركات التصويب التى يمارسها اللاعبون بغرض تحقيق أو إصابة الهدف، وبعض هذه الحركات توصل إليها اللاعبون بخبرتهم الشخصية. حيث ركزوا على اختيار تلك التى أمكنهم تحقيق النجاح بها، وقد قام آلسن Allsen (٦٢: ٣٤-٩٧-٩٨) بدراسة مستهدفا تحديد عدد المرات التى استخدم أو طبق فيها اللاعبون أنواعا مختلفة من حركات التصويب أثناء ٣٩ مباراة. وقد أظهرت نتائج هذه الدراسة أن التصويب بيد واحدة مع الوثب كان أكثر أنواع حركات التصويب شيوعا. ففى غضون ٣١٨٠ محاولة تصويب حصلت هذه الحركة - التصويب بيد واحدة - على



شكل (١٢٨) احصائية التصويب خلال ٧٣٤٠٠ مباراة خلال الفترة من ١٩٥٠ إلى ١٩٦٦ (عن هارفى)

٢٠,٦٧٪ مجموع المحاولات المسجلة، وتليها فى الترتيب حركة التصويب بيد واحدة من الثبات حيث حصلت على ٢١,٠١٪ أما التصويب الخطافية باليد اليمنى The Hight hand hock فقد حصلت على ٨,٠١٪ وتلتها التصويبة الخطافية اليسرى حيث حصلت على ٢,٢٩٪.

التصويب من الوقوف : Set Shot

يوجد تشابه بين حركات التصويب من الثبات وحركات التصويب من الوثب. وربما كان ذلك هو السبب فى اعتبار حركات التصويب من الوقوف من المبادىء الأساسية لحركات التصويب من الوثب وبمعنى آخر يجب تعلم حركات التصويب من الوقوف قبل تعلم حركات التصويب من الوثب.

ولأداء حركة التصويب من الوقوف يقف اللاعب وقدميه متباعدتين قليلا بحيث تتقدم احداهما الأخرى بمسافة قليلة. والقدم المتقدمة هى المقابلة لليد الرامية، تكون متجهة إلى الأمام فى اتجاه المرمى. أما القدم الأخرى فتكون متخلفة عن الأولى قليلا ومتجهة إلى الخارج بزاوية ٤٥ درجة تقريبا.

ولعل هذا الوضع يخالف وضع القدمين تماما فى جميع الحركات الرياضية التى يتم بواسطتها قذف أداة من الأدوات الرياضية مثل قذف الجلة أو رمى الرمح. . الخ، حيث تكون القدم المتقدمة هى العكسية ليد الرمى، وكذلك يكون اتجاه القدمين فى اتجاه حركة الرمى، ويرجع السبب فى هذا الاختلاف إلى أن الحاجة إلى سرعة كبيرة فى حركات قذف الجلة أو رمى الرمح. . الخ تكون ملحة وأساسية وليس الدقة بينما تكون الحاجة إلى الدقة فى حركة تصويب كرة السلة هى الضرورية وليست السرعة، وعليه فإن لاعب كرة السلة يحتاج إلى تثبيت جسمه وتقليل درجة حرية الحركة فيه إلى أقصى مدى ممكن حتى يصل إلى أكبر درجة من الدقة فى التصويب، بينما يحتاج لاعب الجلة والرمح إلى حركة دوران حول المحور الرأس ليولد قوى تساعد على رفع الأداء بسرعة أكبر.

ففى حالة التصويب باليد اليمنى تكون اليد اليسرى هى التى تحمل الكرة فى مستوى الصدر تقريبا، وتكون فى موضع أسفل الكرة لتحملها وتوجهها فى بداية عملية التصويب، أما اليد اليمنى فتكون خلف الكرة مباشرة وأسفل قليلا وتكون الأصابع متجهة إلى أعلى بينما الإبهام متجه إلى الأمام. وتكون الكرة عندئذ محمولة باليد اليسرى فى مواجهة الوجه وهو الموضع الذى تتم فيه عملية التصويب عن طريق مد مفصل الذراع الأيمن وثنى مفصل الرسغ الأيمن مع ثنى الأصابع، يتم هذا

الـــتتابع الحركى السابق مع حركة توافق مصاحبة لمد الرجلين وميل مركز ثقل اللاعب للأمام.

ومن أجل توجيه تأثير جميع القوى المؤثرة على الكرة فى اتجاه حلقة السلة، فإن حركة استدارة قليلة تحدث للكتفين إلى اليسار حول المحور الرأسى فى المرحلة النهائية للحركة قبل لحظة ترك الكرة لليد. وهذه الحركة تضع عينى اللاعب، وكتفه الأيمن وكوعه ورسغه وكذلك الكرة فى اتجاه واحد مع حلقة السلة.

وتختلف نسبة مساهمة الرجلين فى القوى المؤثرة على الكرة، باختلاف قوى اللاعب نفسه وكذا مسافة الرمى فمثلا بالنسبة للاعب الناشىء تعتبر حركات الرجلين ومساهمتها أساسية وضرورية من حيث المدى والقوى ذراعيه تكون غير كافية لإنجاز أو إتمام التمريرة المطلوبة وخاصة إذا كانت من مسافة كبيرة، بينما يختلف الأمر بالنسبة للاعب القوى حيث تكون مشاركة الرجلين أقل وقوة الذراعين والكتفين هى الأساسية.

٤ ـ أوضاع الجسم وحركات الرجلين Body Position and Footwork

تعتبر زيادة القدرة على التحرك بسرعة من مكان لآخر داخل الملعب من الأمور الضرورية والهامة لضمان نجاح اللاعب فى أداء أغلب المهارات المستخدمة سواء من المدافع أو المهاجم.

وتتوقف سرعة تحرك اللاعب على وضع جسمه قبل التحرك ولكن يحقق اللاعب الوضع الأنسب لبدء التحرك يجب توافر العوامل الآتية:

١ـ أن يكون الجسم فى أقل درجات الاتزان.

٢ـ تكون عضلات اللاعب فى وضع يمكنها من إنجاز أكبر قدر من القوة.

الفرملة Stopping :

تعتبر الفرملة أو الإيقاف فى كرة السلة من المهارات الأساسية والمقصود بها مقدرة اللاعب على إيقاف جسمه فى الوقت المناسب.

وتتوقف مقدرة اللاعب على إيقاف جسمه على ما يلى:

١ ـ وزن اللاعب نفسه:

فكلما كان وزن اللاعب أقل كلما سهلت على اللاعب عملية إيقاف تحركه.

٢ - سرعة حركة الجسم :

كلما كانت سرعة حركة الجسم أقل كلما استطاع اللاعب السيطرة على جسمه والتحكم فى إيقافه فى الوقت المناسب.

٣ - الجهد المبذول لإيقاف حركة الجسم:

يعتبر هذا العامل من أهم العوامل المؤثرة فى حركة الإيقاف أو إحداث الفرملة وتتم عن طريق مد اللاعب أحد قدميه للأمام ودفع الأرض أفقيا فى اتجاه الحركة، فإذا فعل ذلك بطريقة سليمة فإن هذه القوى سوف تعمل على تقليل حركة ثقل كتلة جسمه حتى تصل إلى الصفر قبل أن يتعدى مركز ثقل كتلة الجسم قاعدة ارتكازه التى يحددها وضع قدميه.

هذه المشكلة أن يقلل اللاعب من سرعته الأفقية لتصل إلى النصف لحظة وضع على الأرض لأخذ الارتقاء، وبذلك يضيق المدى الذى يتحرك فيه جسمه وتصبح المسافة الأفقية له قليلة جدا مما لا يعرضه لإحداث مخالفات.

٥ - الوثب Jumping :

تشير نتائج الأبحاث التى قام بها أنوكا Enoka (٦٤: ٥ - ١٥) وهو خموث (٦: ٣٢١، ٣٢٢) إلى أن الوثب من الجرى يحقق ارتفاع أعلى من الوثب من الثبات فى حالة تساوى العوامل الأخرى المؤثرة فى الوثب - قوة اللاعب - وزن اللاعب.... الخ. حيث أن الجرى قبل الوثب سوف يزيد من قوة البداية كما يقلل من الدفع السلبى فى مركبة الدفع الرأسية. ولكن بشرط أن يعمل اللاعب على تقليل سرعته الأفقية قبل حركة الارتقاء للوثب عاليا.

وكون أن حركة الوثب تقيد حركة المقذوف، فإنه يجب أن يوضع فى الاعتبار أن المسافة الأفقية التى سينتقلها الجسم منذ لحظة الارتقاء حتى الوصول إلى أقصى ارتفاع تعادل تقريبا نفس التى يأخذها الجسم فى هذه النقطة إلى أن تلمس قدماه الأرض. ويعنى ذلك أن جسم اللاعب سوف يتحرك فى شكل.قوس قمته أعلى ارتفاع يصل إليه الجسم. وهذه الملاحظة هامة بالنسبة للاعب كرة السلة الذى يحرص على عدم أحداث مخالفات نتيجة الاصطدام بمنافسيه.

التصويب بالوثب Jump Shot :

أوضح ماير Mayer (١٩٧٧) أن التصويب من الوثب يمكن أن يتم من المكان أو الحركة.

ويجب على اللاعب في كلا الحالتين أن يحافظ على اتزان الجسم واتخاذ الوضع المريح، واللاعب الجيد قد يفقد اتزانه وارتقائه ولكن يحاول دائما الاحتفاظ باتزانه، كما يجب أن يكون لديه تحكم كامل فى حركة الجسم. ويكون وضع الوثب أفضل عندما تكون القدمين متباعدتين باتساع الصدر وعلى خط موازى للاتجاه الذى يواجهه، ويجب ثنى الركبتين مع توزيع ثقل الجسم بالتساوى عليهما للحصول على الاتزان المناسب، ووضع الكرة المناسب قبل التصويب مباشرة، يكون بين الصدر ومستوى العينين واليد اليسرى تكون تحت النصف الأمامى للكرة، والكف متجهة لأعلى واليد اليمنى متجهة قليلا لليمين وتحت الكرة والأصابع للخارج ويضيف ماير أنه من أجل الحصول على الكفاية القصوى يجب أن يكون المصوب على خط واحد مع السلة وأن يثب باستقامة لأعلى وهذا التكنيك يتطلب اتزان وتحكم مناسبين للجسم (٤٠ :٨-٩، ٥٩-٦١).

فى حين يرى اندرسون Anderson (١٩٦٤م) أن الوثب يجب أن يكون فى اتجاه عمودى على قدر الإمكان للأمام ويتفق معه فى هذا الرأى هانسون Hanson(١٩٧٢م) ويضيف أن الكرة يجب أن تمسك بأمان بكلتا اليدين فى مستوى الكتف مع تأمين جانب اليد المصوبة. وعادة تقترب القدمين معا مع حدوث ثنى خفيف فى مفصلى الركبتين والفخذين، ويصل مفصل مرفق اليد المصوبة عمودى على الأرض مشيرا إلى السلة. (٤٢: ٢١)، (٤٥: ٢٢٨-٢٣١).

ويشير كوبر Cooper (١٩٦٩م) (٣٣: ٥٦-٥٨) إلى أن وضع المرفق هو أحد العوامل الميكانيكية الأساسية للتصويب من الوثب الذى لايمكن إغفالة ولمزيد من فعالية الأداء يرفع المرفق إلى مستوى أعلى من المستوى الذى يصل إليه من التصويب من الثبات على أن ترجع الكرة إلى الخلف أكثر لمستوى خلف الرأس أو جانب الرأس عن المستوى الذى تصل إليه فى التصويب من الثبات.

ويشير المرفق إلى الهدف مباشرة وأى انحراف فى هذا الوضع يقلل من احتمال إصابة الهدف. ويجب أن تتحرك الكرة من أطراف الأصابع. والمتابعة لها أهميتها الحيوية، وبعد انطلاق الكرة (تحريرها) تواجه كف اليد السلة وتكون مفتوحة مع المد الكامل للذراع، وتظل العينان ثابتتان على الحلقة حيث أنهما لايتابعان مسار الكرة.

كما يرى موريس Morris (١٩٦٩م) (٥٨ : ٧٣، ٧٤) أن الكرة تتحرر فى مستوى العينين أو أعلى قليلا، وأن الذراع تمتد امتدادا كاملا فى مستوى الرأس، وتحدد نقطة تحرر الكرة طبيعة أداء اللاعب. وعند الوصول إلى ذروة الارتقاء وعند امتداد الذراع لأعلى وللأمام تتحرر الكرة أولاً من اليد اليسرى ويستمر تحررها من اليد اليمنى التى ترفع الكرة للأمام، وعند انطلاق الكرة يجب أن يكون اللاعب مقدرا رؤية امتداد ذراعه والحافة الأمامية من حلقة الهدف. وتتحرك اليد اليمنى فى حركة المتابعة فى اتجاه السلة، مع مد الرسغ لأسفل، ويعود اللاعب للأرض مع ثنى خفيف فى الركبتين على أن تكون المسافة بين القدمين تساوى مقدار اتساع الحوض تقريبا.

ويضيف موريس أنه خلال تحرر الكرة من اليد اليمنى يجب أن ينقبض رسغ اللاعب لأسفل ليضمن امتداد الذراع لأعلى وللأمام فى اتجاه الهدف مع ثنى الرسغ للأمام.

أنواع التصويب بالوثب :

أوضح ماير Mayer (١٩٧٧م) (٧٩ : ٨٨- ١٢٠) أن معظم اللاعبين يستخدمون الوثب العالى، حيث يثب المصوب باستقامة لأعلى ويعتقد بعض اللاعبين أن الوثبة المنخفضة أسهل وأكثر راحة للمصوب.

ولإتمام التصويب بالابتعاد يقوم المصوب بالابتعاد فى خط مستقيم فى اتجاه مضاد للسلة أثناء طيرانه فى الهواء. وهذه الطريقة فى التصويب يصعب اتقانها ولكن أيضا يصعب اعتراض المدافع لها.

ويضيف ماير أن أنواع الوثبات المستخدمة فى التصويب تختلف باختلاف حجم المصوب ومسافة التصويب، فالشخص الضئيل الذى يصوب من أحد أركان الملعب أو بعيدا عن السلة يحتاج للحركة السريعة لإنجاز التصويبة.

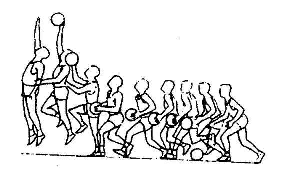
التصويب بالوثب مع الدوران :

تبدأ هذه التصويبة من وضع الوقوف والظهر مواجهة للسلسلة ثم يقوم اللاعب بأداء وثبة للأمام مع اللف لمواجهة السلة ثم يقوم اللاعب بالتصويب.

ففى دراسة نيويل وبيرجر Newell and Berger (١٩٧٦م) والخاصة بالتصويب بالوثب مع الدوران قاما بتعليم اللاعبين وأداء التصويب وظهرهم مواجه للسلة. وكانت الحركة الأولى هى تعليم الدوران (١٨٠درجة) حول المحور الطولى للجسم لمواجهة حلقة الهدف وفى نفس الوقت يثب اللاعب فى الهواء ويؤدى حركة التصويب بالوثب ويعتبر توقيت أداء هذه المناورة فى غاية الأهمية ويجب التدريب عليها أولا بدون استخدام الكرة (٣٩ : ٢١).

التصويب بالوثب من الجرى :

أوضح أبرت Ebert (١٩٧٧م) أن هذا النوع من التصويب يتحدد فيه ميكانيكية أداء تنطيط الكرة ثم الوقوف والتصيب بالوثب فى حركة مستمرة متصلة وإنسانية، فعقب تنطيط الكرة يمسكها اللاعب بسرعة ويتوقف ويرتكز ويثب مواجها السلة ثم يقوم بالتصويب فعند تنطيط الكرة باليد اليمنى فى الجانب الأيمن بعيدا عن خط الرمية الحرة يأخذ اللاعب خطوتى التوقف حيث يبدأ بالقدم اليسرى ثم يقوم بتدوير القدم اليسرى قليلا جهة اليسار وينقل القدم اليمنى بجوارها ليواجه السلة وعندما تلمس القدم اليمنى الأرض تثنى الركبتين ويبدأ فى الوثب لأداء التصويبة، وإذا كان اللاعب أيسر (يستخدم اليد اليسرى) وينعكس عمل القدمين، انظر شكل (١٢٩).



شكل (١٢٩)
التصويب بالوثب من الجرى

٤ ـ ألعاب القوى Track And Field :

سباق المشى والجرى Walk And Sprint Event :

المشى والجرى وسيلتان طبيعيتان لتنقل الإنسان وتحدثان نتيجة الاندفاع عن الأرض. ومهمة العداء أو الماشى هى قطع المسافات فى أقل زمن ممكن. وسرعة المشى أو الجرى تعتمد على طول الخطوات وترددها، وعلى قدرة الرياضى فى المحافظة لأطول فترة ممكنة على سعتها المثلى الخاصة بكل مسافة، دون تغيير بقدر الإمكان.

ويرتبط طول الخطوة وتردد الخطوة بشكل كبير مع إمكانية اللاعب الطبيعية فى سرعة أداء الحركات ويتوقف على مقدرته فى الوقت المناسب على قبض وبسط المجموعات العضلية، التى تكفل حركته على المسافة. ويتوقف طول الخطوة على قوة الدفعة، وعلى اتجاهها وعلى دقة ترابط انتقال حلقات الحركة لدى اللاعب كما أن التردد، وطول خطوة اللاعب تنشأ على أساس صحة أداء الحركات من الناحية الفنية من قبل العداء أو المشاء. ويجب النظر إلى فنية أداء هذه الحركات من منطلق وحدة ترابط انتقال أجزاء متعددة بالجسم ـ الرجلين، اليدين، الحوض، الجذع، وغيرها ـ ففى أساس الجرى والمشى يقع الارتفاع المتبادل للحركات وتنسيقها على تعاقب وتزامن التفاعل المتبادل للجزء الأيمن أو الأيسر من جسم الإنسان. وهذه الأفعال تتكرر بشكل متواصل دورى أثناء الجرى أو المشى.

مقارنة تحليلية لحركات المشى والجرى

تعد الخطوة الثنائية دورة حركات الرجلين صورة (١). فى أثناء أداء خطوتين تقوم القدمان اليمنى واليسرى بالتتابع بوظيفتى الارتكاز والتلويح. والفترة الأكثر تأثرا بينهما هى الارتكاز. وفى هذا الوقت وعلى حساب حركة الرجل المرتكزة يتحرك جسم اللاعب فى المسافة.

وتبدأ فترة الارتكاز من لحظة وضع رجل اللاعب على الأرض أمام مركز إسقاط ثقل كتلة جسمه، ثم يقوم بنقل ثقل كتلة جسمه إلى الرجل المرتكزة. وفى الختام يقوم بثقله إلى الأمام بالاندفاع عن الأرض. وأهم مرحلة خلال تحرك اللاعب هى الاندفاع عن الأرض. والذى يؤدى عن طريق مد الرجل الدافعة من مفاصل الفخذين،

الركبتين وثنى باطن القدم والأصابع فى تزامن واحد مع نقل الرجل الملوحة. وتعتبر زاوية الاندفاع وعند الجرى أكثر حدة (٤٥ ـ ٥٥ درجة)، من مناظرتها فى المشى (٥٥ ـ ٦٥ درجة) وزاوية الطيران فى الجرى أصغر كثيرا بالمقارنة مع زاوية الاندفاع، فمقدارها فى الجرى السريعة (٢ درجة) أما فى عدو الموانع فيصل مقدارها عند تجاوز الحاجز (٣ـ٥ درجة) وتتشابه عملية تعامل اللاعب مع الأرض فى حالة العدو والمشى فى لحظة الارتكاز، ففى أثناء وضع الرجلين على الأرض يكون الضغط على الأرض متجها إلى أسفل والأمام وفى لحظة الاستقامة يكون متجها بالضغط لأسفل، وفى أثناء الاندفاع يكون متجها إلى أسفل والى الخلف ويكون رد فعل نقطة الارتكاز باتجاه معاكس.

ويمكن تقسيم دورة الحركات أثناء المشى والعدو بشكل اصطلاحى إلى مرحلتى الارتكاز والتلويح أو الخطوة. ومرحلة الارتكاز يمكن تقسيمها الى:

١ ـ الارتكاز الأمامى (من لحظة وضع القدم على الأرض حتى لحظة الوصول للوضع العمودى).

٢ ـ الاندفاع عن الأرض (من لحظة الوصول للوضع العمودى حتى ترك الرجل الأرض).

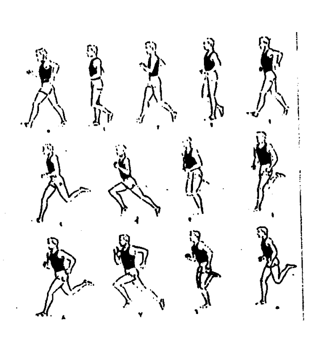
أما مرحلة التلويح أو الخطوة فتضم:

١ ـ الخطوة الخلفية (من لحظة ترك القدم الأرض وحتى لحظة الوصول إلى الوضع العمودى).

٢ ـ الخطوة الأمامية (من لحظة الوصول إلى الوضع العمودى إلى لحظة وضع القدم على الأرض).

والاختلاف الجوهرى بين المشى والعدو أنه فى الأول توجد حالة ارتكاز دائم حيث أن الارتكاز الأحادى على رجل واحدة يتناوب مع الارتكاز الثنائى على الرجلين، بينما تنعدم حالة الارتكاز الدائم فى العدو حيث يشتمل العدو على مرحلة طيران تحل محل الارتكاز الثنائى.. ويتناوب الارتكاز الأحادى فى حالة عدم الارتكاز. وخلاصة القول إن المشى يتميز بوجود حالة ارتكاز ثنائية، أما العدو فيعرف بوجود مرحلة الطيران. ويتوقف زمن مرحلة الطيران فى العدو على اتجاه الاندفاع وقوته. ويختلف سياق المشى عن العدو أيضا مما يلى:

طول المراحل المتعددة، سرعة ومدى الحركات فى المفاصل عمل العضلات، العبء الواقع على كاهل اللاعب، صورة (٢) شكل (١٣٠).



شكل (١٣٠)

الصور المتتابعة للمشى والجرى

ونتيجة لتواجد الارتكاز فى المشى يؤدى إلى طول فترة الارتكاز عن فترة التلويح. ولذلك فإن فترة ارتكاز إحدى القدمين تندمج مع فترة ارتكاز القدم الأخرى، وتنشأ حالة الارتكاز الثنائية، التى فى مجراها تتحول الرجل الملوحة إلى مرتكزة، والمرتكز إلى ملوحة، ويؤدى اللاعب خطوته.

إن وجود فترات طيران فى العدو يستوجب وجود فترة تلويح كل رجل أطول من فترة الارتكاز، وتندمج فترة تلويح إحدى القدمين من حيث الزمن مع فترة تلويح القدم الأخرى، ولذلك تتكرر فى العدو حالة الارتكاز الإحادى وحالة عدم الارتكاز.

أ) المشى العادى (بالوتيرة ١١٣ خطوة فى الدقيقة)

اليمنى – اليسرى – التلويح – الرتكز

ب) المشى السريع (بالوتيرة ١٤١ خطوة فى الدقيقة)

ج) الانتقال من المشى الى الركض (بالوتيرة ١١٥ خطوة فى الدقيقة)

د) المشى الرياضى (بالوتيرة ٢٠٠ خطوة فى الدقيقة)

و) الركض (بالوتيرة ١٦٠ خطوة فى الدقيقة)

هـ) الركض (بالوتيرة ٢٧٥ خطوة فى الدقيقة)

٠ر٠ – ٠ر٥ – ٠ر١ – ٠ر١٥ – ٠ر٢ س

شكل (١٣١)

الاختلافات بين المشى والعدو

جدول (٩) الارتباط المتبادل بين سرعة، طول تردد الخطوة فى المشى والعدو

طريقة الانتقال	طول الخطوة (سم)	تردد الخطوة (ق)	السرعة (م/ث)
المشى العادى	٧٠ _ ٨٥	١٢٠ _ ١٥٠	١,٧ _ ١,٨
سباق المشى	١٢٠ _ ١٣٠	٢٠٠ _ ٢٠٠	٤ _ ٥
العدو	٢٢٠ _ ٢٥٠	٢٧٠ _ ٣٠٠	

يتضح من الجدول (٩) أنه كلما كانت الخطوة أطول وتردد الخطوات أعلى، كانت السرعة أكبر.

ولتحقيق نتائج أفضل فى المشى والعدو ضرورى التركيز على بذل القوة العضلية فى لحظة الاندفاع أما خلال التلويح فيخلق شروط لراحة المجموعات العضلية الرئيسية، ويتم ذلك عن تخفيض جهة الحوض، التى تقوم الرجل فيها بأداء حركة التلويح. ومن المهم إنجاز ذلك فى لحظة المرور على الوضع العمودى. ويسمح تبادل الاندفاع بالرجل اليمنى مرة والرجل اليسرى مرة أخرى بتناوب نشاط المجموعات العضلية للقدمين وخلق شروط لفعالية عملها فى فترة الارتكاز.

ويتم التحرك فى خط مستقيم ومتوازن على طول المسافة خلال المشى والعدو أى المحافظة على ثبوت وتردد الخطوة وطولها لأن ذلك أكثر فعالية لإحراز أقصى نتيجة وتؤكد ذلك القوانين البيوميكانيكية والفسيولوجية.

من خصائص سياق المشى أن مفصل الركبة لا يساهم فى الاندفاع. وأن اللاعب يؤدى الخطوة برجل مستقيمة. وأن الاندفاع فيتم أداؤه أساسا على حساب تقويم الفخذ، القدم ونقل الرجل الملوحة إلى الأمام.

أن عدم مشاركة حركة مفصل الركبة فى عملية الاندفاع يقلل من قوة الاندفاع ومن احتمال تحول المشى إلى عدو.

ولاجل زيادة طول الخطوة فى سياق المشى يزاد مدى حركة الحوض حول محور عمودى باتجاه أمامى خلفى، بدون الإسراف فى إزاحته فى الاتجاهات الجانبية.

ويتوقف تردد الخطوة فى المشى على سرعة نقل الرجل. فكلما كان النقل أسرع، كان تردد الخطوة أعلى. وزيادة تردد الخطوة فى حدود معينة يزيد من طول الخطوة، والزيادة المغالى فى تردد الخطوة تقلل من طولها ولن تزداد السرعة بعد ذلك. وتساعد الحركات الفعالة لليدين فى زيادة تردد الخطوات.

ومصدر الحركة فى المشى هو عمل المجموعات العضلية التى تؤدى عملية الاندفاع ونقل الرجل.

إن قوة الاندفاع المغالى فيها تفصل الارتكاز الثانى، ويمكن للاعب أن ينتقل إلى حالة الجرى ومخالفة قواعد المباريات.

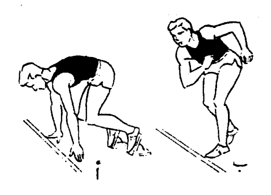
ويمكن تقسيم الجرى إلى نوعين:

١ ـ جرى المسافات القصيرة (العدو).

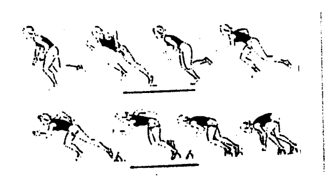
٢ ـ جرى المسافات المتوسطة والطويلة وفوق الطويلة (جرى التحمل).

والمهمة الرئيسية للعداء فى أى مسافة هى قطع المسافة فى أقل زمن.

وينبغى أثناء جرى المسافة القصيرة استخدام التكنيك الذى يكفل أكبر مدى لطول الخطوة وسرعة الحركة أما أثناء جرى المسافات المتوسطة والطويلة وفوق الطويلة فعلى التكنيك أن يساعد فى اقتصادية وفعالية الحركات.



شكل (١٣٢) (أ) البدء المنخفض (ب) البدء العالى



شكل (١٣٣) الجرى فى المسافة القصيرة (أ) الجرى فى المسافات الأخرى (ب)

ويتميز تكنيك العدو بما يلى :

- الوضع الابتدائى على خط البداية .
- الانطلاق وتسارع الانطلاق .
- استمرارية الجرى (العدو) .
- إنهاء العدو والتوقف بعد خط النهاية .

ويبدأ الجرى لأى مسافة من خط البداية (شكل ١٣٢) ويقوم العداء بأخذ الوضع المناسب له عند خط البداية .

ففى جرى المسافات القصيرة تستخدم مختلف أنواع الانطلاق من البدء المنخفض (شكل ١٣٣ ـ أ) أما فى الأنواع الأخرى للجرى فيستخدم الانطلاق من وضع الابتداء العالى (العادى) شكل (١٣٣ ـ ب) .

ويقوم العداء أثناء الانطلاق بانحناء جذعه بشدة للأمام للوصول لأقصى سرعة ـ خاصة فى عدو المسافات القصيرة شكل (١٣٣ ـ أ) وتتصف الخطوات الأولى للانطلاق بعدم دحرجة القدم. ويؤدى الجرى على جزئها الأمامى. وتعمل عضلات مفصل رسغ القدم على الاندفاع ولا تسمح للكعب بأن يلامس الأرض. ويكون موضع القدم، فى الخطوات الأولى، قرب مركز إسقاط ثقل كتلة جسم اللاعب. وبذلك تختفى تقريبا مرحلة الإيقاف فى بداية الارتكاز الأمامى. ومادام العداء يزيد من سرعته. فإن مرحلة الإيقاف غير مرغوب فيها ويقوم اللاعب بالتدريج بتقوية الاندفاع

واكتساب السرعة على حساب سرعة وضع القدم وزيادة طول الخطوة. وينبغى خلال الخطوات الأولى وضع القدم على الأرض بسرعة ومرونة مع الاندفاع لاحقا بفعالية، وتساعد حركة الذراعين فى زيادة تأثير حركة الرجلين، وتردد الخطوات وزيادة قوة الاندفاع.

وتدريجيا، ومع اكتساب السرعة اللازمة، تقل خصوصية صفات الخطوات الانطلاقية فى حركات رجلى العداء فى مرحلة الانطلاق التسارعى. ويصبح انحناء الجسم أقل، وينتقل اللاعب إلى تكنيك خطوة الجرى الكاملة والتى تتواجد فيها جميع مراحل دورة حركة الرجلين. وبعد الانتقال إلى مرحلة استمرارية الجرى يحافظ العداء على وضعيته الأفقية أو يكون جذعه مائلا إلى الأمام بشكل قليل. ويسمح هذا الوضع للجذع بخلق شروط مؤاتية للاندفاع ونقل الرجل الملوحة إلى الأمام.

فإذا كان الجذع مائلا للأمام بشكل كبير، تتحسن إمكانية الاندفاع ولكن تقصر طول الخطوة، ويجرى العداء بعدو منحدر. وعندما يكون الجذع منحنيا إلى الخلف، تسوء شروط الاندفاع عن الأرض، بزاوية حادة ولكن يسهل نقل الرجل الملوحة إلى الأمام وتكون حركته إلى الأمام سيئة.

ويتحدد التكنيك الصحيح لخطوة الجرى من خلال مدى (طبيعة) وضع الرجل على الأرض. وأثناء مرحلة استمرارية الجرى يقوم العداء بوضع قدمه بخفة ومرونة أمام مركز ثقل كتلة الجسم لأجل التقليل من تأثير توقيف «فرملة» الحركة.

ويتوقف مكان وضع القدم على سرعة الجرى، نوعية المسافة ونوعية الأرض. فكلما كانت سرعة الجرى أكبر كلما كان مكان وضع القدم قريبا من إسقاط ثقل كتلة جسم اللاعب. ومعظم العدائين المهرة فى مختلف المسافات - من المسافات القصيرة إلى الماراثون - يؤدون عملية وضع القدم على الأرض عن طريق الجزء الأمامى منه. إن مثل هذا العدو هو الأكثر فعالية.

يتصف التكنيك العالى للجرى باجادة تنسيق حركات الرجل الدافعة والرجل الملوحة واليدين، وتحرر الحركة. ويساعد التحرر الكبير للحركة أثناء مرحلة استمرارية العدو يساعد على تنسيق الحركات وتحسين الشروط لراحة الرجل الملوحة. ومن

خصائص التكنيك الجيد لخطوات العدو مؤازرة ساق الرجل الملوحة لساق الرجل الدافعة فى اللحظة الختامية من الاندفاع وإنحناء الجذع جهة القدم الملوحة فى وضع الانتصاب العمودى.

العدو ٢٠٠ متر فأكثر :

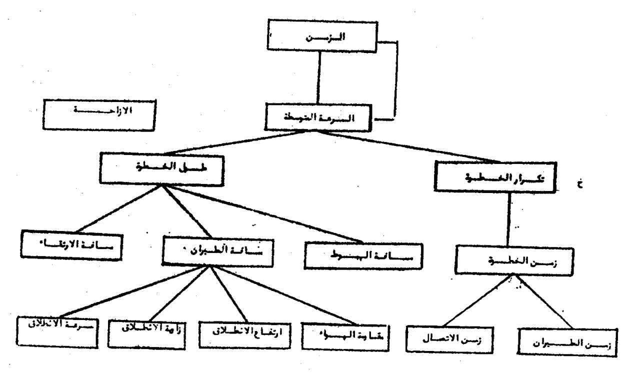
يعدو العداء فى سباق ٢٠٠ متر وأكثر فى خط مستقيم ومنحنى والعدو فى المنحنى أكثر صعوبة ويتطلب بذلك جهود إضافية بالارتباط مع ضرورة تطوير جهود إضافية. ويفضل قيام العداء بميل جسمه فى اتجاه المنحنى بتغيير اتجاه الاندفاع. ويتوقف مستوى الانحناء على سرعة العدو كلما كانت سرعة العدو أعلى، كلما كان ميلان الجسم أكثر.

وتنتهى استمرارية العدو بمرحلة إنهاء السباق. ويسعى العداء أثناء انهاء السباق بقدر استطاعته إلى تعجيل سرعته أو المحافظة على السرعة العالية التى سبق لها اكتسابها ويقوم بالجهد النهائى فى الخطوات الأخيرة لكى يكون أول من يمس شريط النهاية بصدره أو كتفه. وينبغى على العداء إيقاف سرعته بعد خط النهاية بالتدريج، لأن التوقف فجأة يؤدى إلى حدوث الإصابات.

وهناك أنواع أخرى من العدو كعدو الحواجز (عدو الموانع لمختلف المسافات عدو ٣٠٠٠ متر حواجز)، العدو فى التضاريس الطبيعية (سباق الضاحية) والعدو على الطريق المعبدة (المارثون).

ولعدو الحواجز تكنيك خاص يتلخص فى تكنيك العدو العادى بين الحواجز (خطوة العدو) وتكنيك اجتياز الحاجز (خطوة الحاجز).

فى العدو ٣٠٠٠ متر حواجز يقوم العداء باجتياز حاجز حفرة الماء مع الحواجز وأساس جرى الموانع هو العدو المنتظم للمسافة بين الموانع بعدو فردى من الخطوات ويتوقف عدد هذه الخطوات على طول المسافة. ويتم اجتياز كل مانع على المسافة فى الأغلب بنفس الرجل الدافعة. ويتوقف تكنيك اجتياز المانع على ارتفاعه، فكلما كان المانع أقل ارتفاعا كلما اقترب شكل خطوة المانع من خطوة الجرى.



شكل (١٣٤)

العوامل الأساسية فى العدو

وتتجسد المهمة الرئيسية للعدو عبر الموانع فى أنه من الضرورى عدم الطفر فوقها، بل فى عبورها عدوا بفعالية. ويمكن الحكم على تكنيك اجتياز الموانع من خلال فرق الزمن بين قطع المسافة مع الحواجز وعدوها بدون حواجز. ويزيد العداء سرعته فى مرحلة تسارع الانطلاق فى خلال عدد معين من الخطوات وأثناء ذلك يقوم جذعه بوقت مبكر كما فى العدو العادى للمسافات القصيرة من أجل اجتياز المانع الأول. ولاجتياز المانع بنجاح وبشكل تكنيكى يجب على العداء امتلاك مرونة جيدة، وسهولة فى حركة مفاصل الفخذين، وحذاقة وتنسيق الحركات. أما ضمان النجاح فى عدو الموانع ، فهو انتظام قطع المسافة.

وخلال الجرى فى اختراق الضاحية تقابل اللاعب على مسافة منحدرات، صعدات، خنادق وغيرها. ولتكنيك العدو هناك خصائصه فأثناء الجرى فى الأماكن شديدة الانحدار توضع القدم على الأرض بالكعب، ويكون الجذع مائلا إلى الخلف قليلا. أما فى وقت الجرى عند الصعود فإن الرجل توضع بالجزء الأمامى من القدم، ويكون الجسم أكثر انحناء إلى الأمام. ويتم اجتياز الحواجز المصادفة بطرق مختلفة

(طفرها، التسلق عليها، دوسها وغيرها). فى الجرى وفى سباق المشى يجب للتنفس أن يتوافق بدقة مع تكنيك حركات اللاعب.

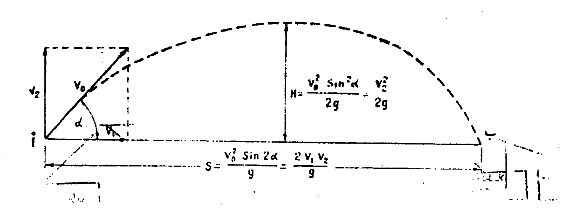
تلخيص : العلاقة بين العدو لقطع مسافة معينة والعوامل المحددة لهذا الزمن باختصار فى الشكل رقم (١٣٤).

الوثب والقفز The Jumping And The Vaulting :

الوثبة هى وسيلة لاجتياز حواجز أفقية ـ الوثب الطويل، الوثبة الثلاثية ـ أو عمودية ـ الوثب العالى ـ باستخدام الارتقاء المنفرد باحدى القدمين ـ أما القفزة فهى وسيلة لاجتياز حواجز أفقية ـ القفز بالزانة ـ باستخدام الارتقاء المنفرد بإحدى القدمين وبمساعدة الذراعين. ويسعى كل من الواثب أو القافز إلى الحصول على أحسن نتيجة من خلال الوثب أو القفز إلى أعلى أو أبعد ما يمكن.

وقفزات ووثبات العاب القوى تنتسب إلى مجموعة الحركات المختلطة ـ المتكررة والوحيدة ـ ذات صفات السرعة ـ القوة.

ويتميز كل نوع من الوثبات أو القفزات بالمسار الهندسى لمركز ثقل كتلة جسم اللاعب خلال مرحلة طيرانه ـ وطول وارتفاع طيرانه يتوقف على سرعته فى لحظة الانطلاق وزاوية طيرانه تبعا لنوع الوثبة أو القفزة كما فى شكل (١٣٥).



شكل رقم (١٣٥) الإزاحة الأفقية (S) وأقصى ارتفاع لمركز ثقل كتلة الجسم (H) خلال مرحلة الطيران أثناء الوثب والقفز

ويلعب اتجاه الريح وقوتها دورا معينا فى أداء الوثبات أو القفزات، فحسب قوانين مسابقات ألعاب القوى يفترض أن لاتزيد قوة الرياح المواءاتية عن ٢م/ ث لكى يتم الاعتراف بالأرقام القياسية المسجلة فى الوثب أو القفز.

ولإحراز نتائج عالية يسعى الواثب أو القافز إلى الحصول على أكبر سرعة فى بداية طيران الجسم موجه بأمثل زاوية انطلاق. وتحل هذه المهمة بالاقتراب وأخذ الارتقاء. ففى أثناء الاقتراب يكتسب اللاعب السرعة الأفقية الضرورية ويستفيد اللاعب فى الخطوات الأخيرة من الاقتراب لأخذ الارتقاء، وخلال الاندفاع (الدفع) تتكون السرعة الرأسية. وتصل السرعة الأفقية فى الوثب العالى إلى (٥م/ ث - ٧,٥م/ ث) وأكثر، أما السرعة الرأسية فتصل إلى (٣,٥م/ ث - ٤,٧م/ ث) وأكثر.

لذلك فإنه عندما تزيد السرعة الرئيسية عن السرعة الأفقية تخلق الظروف لتحقيق الاندفاع لأعلى مما يكفل إمكانية اجتياز العارضة على ارتفاع أعلى، وفى الوثب الطويل تصل السرعة الأفقية إلى ١٠م/ ث فأكثر، أما السرعة العمودية (الرئيسية) فتصل إلى (٣م/ ث - ٣,٥م/ ث). ولذلك فإنه فى ظل سرعة عمودية كافية وسرعة أفقية كبيرة يتمكن اللاعب من الوثب أبعد للأمام فى الوثب الطويل.

وفى الوثبة الثلاثية تصل السرعة الأفقية المكتسبة من الاقتراب ١٠م/ ث وأكثر. ولكن بالارتباط مع وجود ثلاث اندفاعات فى هذه الوثبة، تقلل السرعة الأفقية تبعا لذلك فى «الحجلة» إلى (٩,٨م/ ث) وفى «الخطوة» إلى (٨,٥م/ ث) وفى «الوثبة إلى (٧,٥م/ ث) وتكون مهمة الواثب الرئيسية المحافظة بقدر الإمكان على السرعة الأفقية وفى نفس الوقت تطوير السرعة الرأسية فى كل جزء من أجزاء الوثبة.

أما فى القفز بالزانة فتصل السرعة الأفقية إلى (٩م/ ث - ٩,٥م/ ث) ويحمل القافز الزانة أثناء الاقتراب بكلتا اليدين. ويعيق ذلك أداء عملية التلويح باليدين. ومن الضرورى أن يتوافق اتجاه الاندفاع عن الأرض وزاوية طيران القافز، مع حركة تقدم الزانة للأمام وتقوسها.

تعتبر مرحلة الارتقاء فى ألعاب القوى مرحلة صعبة ومهمة حيث يتوقف على نجاحها إنجاز الواجب الحركى للوثب أو القفز وتتوقف قوة الدفعة على الشروط التالية:

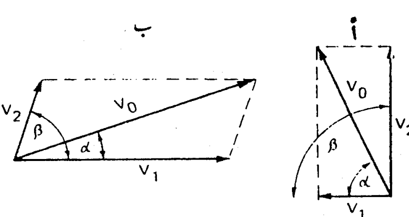
أ ـ إمكانية تركيز الجهود فى أثناء الاندفاع .

ب ـ مدى حركات اللاعب (تقويم القدم الدافعة، استقامة الجذع، رفع اليدين، والكتفين والقدم الملوحة . . . الخ) .

وكلما زاد ارتفاع مركز ثقل كتلة الجسم فى مساره الأقصى وقل الزمن المبذول على ذلك، كانت الدفعة أكثر قوة . وفعالية الدفعة تتوقف على قوة عضلات الواثب أو القافز، وسرعة انقباضها وعلى وزن جسمه . فاللاعبون الذين يتمتعون بقوة عضلية كبيرة وبسرعة أكثر وبأوزان أخف بالنسبة لطولهم، يحرزون نتائج رياضية أعلى .

ومن حيث الأهمية لاتقل أهمية عناصر تكنيك الوثبات أو القفزات ـ زاوية الاندفاع، وزاوية الطيران .

وزاوية الاندفاع : هى الزاوية بين سطح الأرض وبين اتجاه الدفعة فى نهاية لحظة الدفع، أما زاوية الطيران : فهى الزاوية بين سطح الأرض واتجاه طيران الواثب أو القافز شكل (١٣٦) .



شكل (١٣٦) أ ـ زاوية الطيران فى الوثب ـ زاوية الطيران فى الوثب الطويل

فى مختلف أنواع الوثبات والقفزات وبالإرتباط مع خصوصية اجتياز الحواجز تمتلك كل من زاوية الاندفاع وزاوية الطيران مداهما الأنسب . ففى الوثب العالى تقترب زاوية الاندفاع من ٩٠ درجة، أما زاوية طيران اللاعبين المهرة فتصل إلى (٧٠ درجة ـ ٨٠ درجة) وعند اللاعبين الأقل مهارة إلى (٦٠ ـ ٦٥ درجة) ويكون اتجاه الطيران بقدر الإمكان إلى أعلى . أما فى الوثب الطويل تصل زاوية الاندفاع إلى (٧٥ ـ ٨٠ درجة) وتكون زاوية الطيران ما بين (١٦ ـ ٢٥درجة) ويكون اتجاه الطيران فى اتجاه للأمام .

وفى القسم الأول من الوثبة الثلاثية «الحجلة» تكون زاوية الاندفاع بين (٦٠ - ٦٨درجة)، وزاوية الطيران بين (١٤ ـ ١٨درجة)، وفى القسم الثانى «الخطوة» تكون (٥٨ ـ ٦٣درجة) و(١١ ـ ١٥درجة) على التوالى. أما فى القسم الثالث الوثبة فتكون (٦٠ ـ ٦٨درجة) و(١٨ ـ ٢٤درجة) على التوالى وفى القسم الأول والثانى يكون اتجاه الطيران بدرجة أكبر للأمام، أما فى القسم الثالث فإلى الأمام ولأعلى.

وفى القفز بالزانة الحديثة فتكون زاوية الاندفاع ما بين (٧٠ ـ ٧٥ درجة) وزاوية الطيران ما بين (١٧ ـ ٢٠درجة)، ويكون اتجاه الطيران لأعلى وللأمام.

وترتبط الزاوية الأنسب للاندفاع مع كمية السرعتين الرئيسية والأفقية، تكنيك الخطوتين الأخيرتين خلال مرحلة الاقتراب، ووضع القدم للدفع والاتجاه الضرورى لطيران اللاعب.

وتعتبر كل وثبة أو قفزة هى عبارة عن فعل حركى موحد، مؤدى بسلامة وبإيقاع محدد. وتتألف الوثبة أو القفز من مراحل متعددة، مرتبطة بشدة فيما بينها.

وينتسب إلى هذه المراحل: الاقتراب والاعداد للدفع، الدفع، الطيران، الهبوط. وأهمية المراحل المنفردة لأجل إحراز نتائج فى مختلف الوثبات أو القفزات غير متساوية.

فإذا كانت مرحلتى الاقتراب والدفع تملك أهمية كبيرة لجميع الوثبات والقفزات، فإن الطيران يلعب دورا أكبر فى الوثب العالى والقفز بالزانة، أما الهبوط ـ ففى الوثب الطويل والوثبة الثلاثية.

ويعتبر الطيران المؤدى بشكل صحيح فى الوثبات والقفزات التى تتطلب اجتياز حواجز عمودية هو الأكثر أهمية لإحراز نتائج رياضية، أما الهبوط المؤدى بشكل جيد فى الوثبات والقفزات مع اجتياز حاجز أفقى فيكفل طولا أكبر للوثبة أو القفزة.

الاقتراب والاستعداد للاندفاع :

يكتسب اللاعب سرعة أفقية نتيجة للعدو خلال مرحلة الاقتراب ويستعد للاندفاع فى الخطوات الأخيرة من الاقتراب، ويتوقف طول مرحلة الاقتراب على السرعة التى يجب أن يتوصل إليها اللاعب عند الاستعداد للدفعة انظر جدول (١٠):

جدول (١٠) مدلولات تصف وثبات أمهر اللاعبين

نوع الوثبة	طول مرحلة الاقتراب بالمتر	عدد الخطوات	سرعة الاقتراب (م/ث)
العالى	١٢ ـ ١٨	٧ ـ ١١	٧ ـ ٨
الطويل	٤٢ ـ ٤٦	٢٢ ـ ٢٤	١٠
الثلاثية	٣٨ ـ ٤٢	١٩ ـ ٢٢	١٠
الزانة	٣٥ ـ ٤٥	١٨ ـ ٢٢	٩ ـ ٩,٥

فى تلك الأنواع من الوثبات أو القفزات، حيث تكون سرعة الاقتراب قبل الاندفاع قريبة من الحد الأقصى يقع طول خطوة الاقتراب فى حدود المسافة التى يقوم خلالها عداء المسافات القصيرة بالوصول إلى سرعته القصوى. وتكنيك أداء حركات خطوة العدو فى الأساس يشبه تكنيك العدو السريع. بيد أن أداء الاقتراب له صفاته الخاصة فطول خطوة الاقتراب عند كل لاعب محدد تم تقنينها فى مجرى التدريب. ويرتبط هذا بكون أن من الضرورى للعداء أن يضع بدقة قدمه الواقفة على مكان الاندفاع. لذلك فإن طول الخطوات، وارتفاع العدو ينبغى أن يكونان ثابتتين. ومن المهم جدا أن تؤدى الخطوات الأخيرة قبل الاندفاع بالطول المناسب، بالارتباط مع نوع الوثبة، لأجل وضع القدم بدقة مكان الدفعة. وتؤدى خطوات الاقتراب بسرعة تزايدية حيث يتم الوصول إلى أقصى سرعة فى الخطوات الأخيرة.

أن سرعة الاندفاع فى علاقة متبادلة مع سرعة الاقتراب كما يلى:

كلما كانت الخطوة الأخيرة من الاقتراب أسرع كلما كان وضع القدم الدافعة على الأرض وأداء الاندفاع بفعالية أكبر.

ويتوقف طول وإيقاف الخطوات والسرعة المتزايدة بالمسافة خلال الخطوات الثلاثة أو الأربعة الأخيرة فى الاقتراب فى مختلف أنواع الوثبات أو القفزات على مقدار زاوية الاندفاع فكلما كانت زاوية الاندفاع كبيرة، كلما بعدنا عن مركز إسقاط ثقل كتلة

جسم اللاعب وتوضع القدم الدافعة للأمام. وأبعد مسافة لوضع القدم الدافعة فى الوثب العالى، أقلها فى القفز بالزانة. ففى الوثبات العالية تكون طول الخطوات قبل الاندفاع فى ازدياد، ماعدا الخطوة الأخيرة والتى تكون أقصر من الخطوة قبل الأخيرة. وفى الأنواع الأخرى قليلا ما يتغير طول الخطوات أثناء الاقتراب من الاندفاع. وتؤدى الخطوة الأخيرة بشكل أقصى حتى يتم المحافظة على السرعة الأفقية لاجل فعالية الاندفاع.

الارتقاء (الاندفاع):

مواصفات الارتقاء:

فى نهاية الاقتراب توضع القدم الدافعة بفعالية ومرونة على مكان الاندفاع مع ثنى مفصل الركبة قليلا ـ توجد أنواع خاصة لكيفية وضع الرجل فى مختلف أنواع الوثبات والقفزات، ففى الوثب العالى توضع الرجل عن طريق الكعب والتدحرج لاحقا على كل القدم، وفى الوثب الطويل توضع كل القدم أو على الكعب ثم التدحرج على كل القدم، وفى الوثبة الثلاثية توضع القدم بشكل مسطح على كل القدم أو على الكعب ثم التدحرج على كل القدم، وفى القفز بالزانة توضع القدم بشكل مسطح على كل القدم.

ويبدأ الاندفاع منذ لحظة لمس مكان الدفع بالقدم الدافعة. وتوجد مرحلتين خلال الاندفاع مرحلة الإيقاف، مرحلة الدفع، ففى مرحلة الإيقاف يقوم الواثب فى البداية بتقليل قوة الضربة الديناميكية عند وضع الرجل الدافعة المرتكزة. ويزداد بسرعة الحمل الواقع على عضلات هذه الرجل. وتسترخى العضلات المنقبضة، ويساعد ذلك فى التأثير بعد انثناء مد الرجل الدافعة. وتبدأ مرحلة الاندفاع المؤثرة فى تلك اللحظة، عندما تنتهى الرجل الدافعة من الانثناء من مفصل الركبة. وتختلف زاوية الانثناء باختلاف أنواع الوثبات والقفزات، فمثلا فى الوثب العالى تثنى الرجل الدافعة (من ١٣٢ إلى ١٣٥ درجة) أما سرعة وقوة الاندفاع فتتوقف على الحركات التلويحية للرجل الحرة والذراعان والجذع وتؤدى التلويحة فى الوثب العالى برجل مستقيمة أو منحنية فى حين تؤدى التلويحة فى الوثبات الأخرى برجل منحنية فقط.

وتساعد تلويحة الذراعين فى زيادة قوة الاندفاع. وتؤدى حركة تلويح الذراعين فى الوثب العالى لأعلى وللأمام، أما فى الوثب الطويل فإن إحدى الذراعين تقوم بالتلويح لأعلى وللأمام فى حين تلوح الأخرى فى نفس اللحظة للجانب ولأعلى. وتؤدى التلويحة فى الوثبة الثلاثية بالذراعين معا أو بالتبادل. وفى القفز بالزانة تؤدى حركة التلويح بالذراعين لأعلى وللأمام.

والجدير بالذكر أنه خلال قطع مسافة ٢٥ ـ ٣٠٪ من المسار يتم رفع مركز ثقل كتلة الجسم عن طريق حركتى تلويح الرجل الحرة والذراعين.

وتتوقف سرعة الرجل الدافعة على سرعة حركة الرجل الملوحة والذراعين. وللحصول على منحنى طيران عالى لابد الاهتمام بزيادة سرعة الحركات العاملة بالمدى الأقصى المسموح به، فزيادة ارتفاع مركز ثقل كتلة الجسم فى مرحلة الاندفاع وأقلال زمن الوقفة يؤثران بشكل إيجابى على إحراز نتيجة عالية فى الوثبات. ويبدأ الطيران عقب الاقتراب والدفع ويكون فى اتجاه زاوية محددة.

مرحلة الطيران :

مواصفات الطيران :

عقب الاندفاع يصبح الجسم طليقا فى الهواء بفعل قوة الاستمرار وعلى حساب السرعة المكتسبة من الاقتراب والارتقاء. ويتوقف مسار طيران حركة ثقل كتلة الجســم على السرعة الابتدائية للطيران، وزاوية الطيران، مقاومة الهواء وفعل قوة الجاذبية الأرضية. وحسب قوانين الديناميكا فإن أى حركة يقوم بها الواثب خلال الطيران لايمكنها تغيير مسار مركز ثقل كتلة الجسم. وكل انتقال لأية حلقة من حلقات الحركة فى جسم الواثب تتم فقط حول مركز ثقل كتلة الجسم. وتستدعى حركة بعض أجزاء الجسم فى اتجاه معين موازنة حركة أجزاء الجسم الأخرى فى اتجاه معاكس.

وتتمثل المهمة الرئيسية للواثب فى مرحلة الطيران فى اجتياز الحواجز (عمودية أو أفقية) على حساب حركات مقتصدة ومنضبطة. ويتميز الطيران بأهمية خاصة فى الوثب العالى والقفز بالزانة حيث من الضرورى اجتياز العارضة بدون إسقاطها. كلما

تمر النقطة العليا لمسار تحرك مركز ثقل كتلة جسم الواثب بقرب العارضة. كما يتم استغلال مرحلة الطيران بفعالية أكبر لاجتياز العارضة.

ويقوم لاعبى الوثب العالى والقفز بالزانة بتغيير وضعية أجزاء منفردة من أجسامهم ونقلها بالتبادل عبر العارضة، فإذا كانت بعض أجزاء الجسم تنقل وراء العارضة، فإن أجزاء أخرى ترتفع إلى أعلى وعلى حساب النهوض تنتقل من فوق العارضة بدون إسقاطها. ويسمح تبادل عبور العارضة من قبل أجزاء منفردة من الجسم فى ظل تحليق متساو باجتياز ارتفاع أكبر.

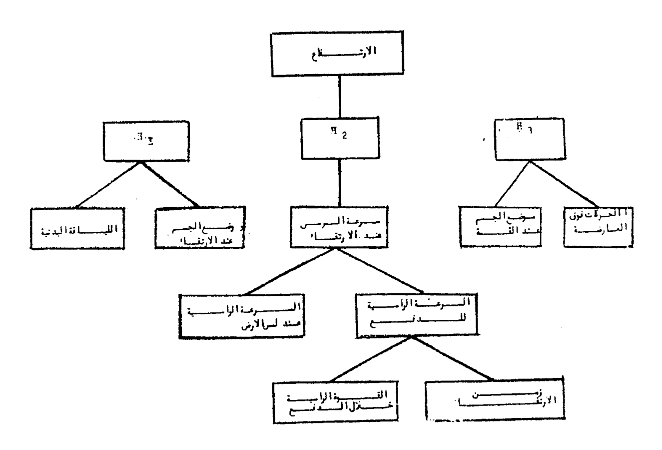
مرحلة الهبوط :

هو الجزء الأخير من الوثبة أو القفزة. وتختلف اهميته باختلاف أنواع الوثبات أو القفزات. ففى الوثب العالى والقفز بالزانة ولاجل سلامة الواثب من الضرورى أن يكون الهبوط بخفة. وفى الوثب الطويل والثلاثية يلعب الهبوط دورا كبيرا جدا فى بُعد الوثبة أو القفزة. ويقوم الواثب أثناء الطيران بخلق توازن جيد للجسم بحركات من الذراعين والقدمين ويبدأ بإعداد رجليه لوضعهما إلى الأمام بأقصى قدر ممكن كى يضمن هبوطا بعيدا واستقلالا كاملا لمسار الطيران.

فى لحظة الهبوط تقدم سرعة الطيران على حساب العمل العضلى المؤدى لحركة الانثناء فى مفاصل كل من الفخذين والركبتين والقدم للإيقاف. وعند الهبوط يتعرض اللاعب عادة لحمل كبير على عضلات الرجلين. ومن أجل تقليل تأثـــير هذا الحـــمل على عضلات وروابط المفاصل، يتحتم على الواثب أن يؤدى الهبوط على أكبر طول ممكن وأن يتم فى مكان معد بشكل جيد، مما يضمن للاعب هبوطا أكثر رفقا ونعومة.

تلخيص :

العلاقة بين الارتفاع الذى يثبه لاعب الوثب العالى والعوامل المحددة لهذا الارتفاع باختصار شكل (١٣٧).



شكل (١٣٧) العوامل الأساسية فى الوثب العالى

حيث أن $أ_{١}$ = ارتفاع مركز ثقل كتلة الجسم لحظة الانطلاق.

$أ_{٢}$ = الارتفاع الذى تم رفع مركز ثقل كتلة الجسم إليه خلال الطيران.

$أ_{٣}$ = فرق المسافة بين أقصى ارتفاع لمركز ثقل كتلة الجسم وارتفاع العارضة

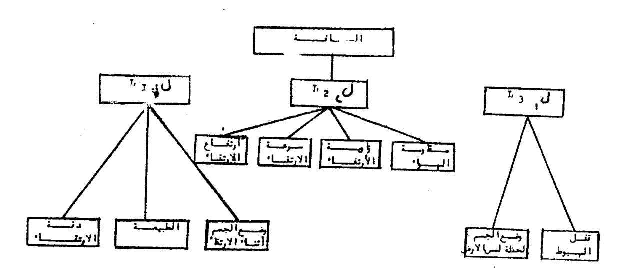
تلخيص :

العلاقة بين المسافة التى يثبها لاعب الوثب الطويل والعوامل المحددة لهذه المسافة باختصار فى شكل (١٣٨).

حيث أن $ل_{١}$ = المسافة بين الحافة الأمامية للوحة الارتقاء وحركة ثقل الجسم لحظة الانطلاق.

$ل_{٢}$ = المسافة بين مركز ثقل كتلة الجسم لحظة لمس الكعبين الأرض أثناء الهبوط وحركة ثقل كتلة الجسم لحظة الانطلاق.

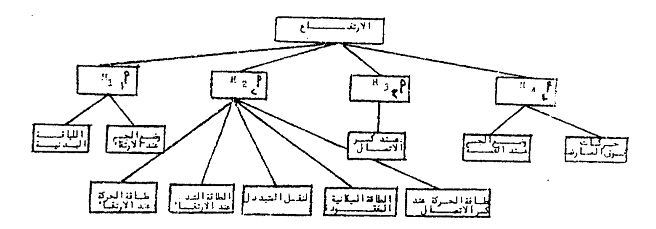
$ل_{٣}$ = المسافة بين مركز ثقل كتلة الجسم لحظة لمس الكعبين الأرض والعلاقة على الرمل التى تؤخذ لقياس المسافة.



شكل (١٣٨) العوامل الأساسية فى الوثب الطويل

تلخيص :

العلاقة بين الارتفاع الذى يقفزه لاعب الزانة والعوامل المحددة لهذا الارتفاع باختصار فى شكل (١٣٩).



شكل (١٣٩) العوامل الأساسية فى القفز بالزانة

حيث أن أ$_1$ = ارتفاع مركز ثقل كتلة الجسم لحظة أخذ الارتقاء.

أ$_2$ = الارتفاع الذى ارتفع إليه مركز ثقل كتلة الجسم خلال تواجده على الزانة.

أ$_3$ = الارتفاع الذى ارتفاع إليه مركز ثقل كتلة الجسم خلال الطيران.

أ$_4$ = الفرق بين أقصى مسافة وصل إليها مركز ثقل كتلة الجسم وارتفاع العارضة.

الرمى :

الهدف من الرميات هو إبعاد الأداة الرياضية عن طريق الرمى أو القذف، لأبعد مسافة ممكنة دون مخالفة قواعد المباريات.

وتظهر صعوبات معينة أثناء الرميات، مرتبطة بمحدودية مجال حركة اللاعب عند رمى الأداة (طول الدائرة التى يحرك فيها الرامى فى مسابقتى دفع الجلة إطاحة المطرقة (٢١٣سم)، وللقرص (٢٥٠سم)، وضيق القطاع المخصص لهبوط الأداة، مع وجود شبكات عالية للحماية ومجال ضيق لتحليق القرص، والمطرقة (بعرض ٦م) كل هذه التحديدات تتطلب من اللاعب دقة عالية وثباتا فى التكنيك عند أداء الحركات.

وتعتبر الجلة والقرص من أنواع الحركات الوحيدة، أما الرمح، والمطرقة فتعتبر من أنواع الحركات المختلطة. ومن حيث تأثيرها على جسم اللاعب ترتبط الرميات بإظهار القوة المميزة بالسرعة للاعب. حيث يتحتم على رامى الرمح انماء السرعة أثناء إطلاق الأداة إلى (٣٥م/ ث) أما رامى المطرقة فلاجل المحافظة على التوازن الديناميكى يضطر إلى مقاومة قوة طاردة مركزية كبيرة للأداة (٣٥٠ كجم وأكثر).

ولتحقيق نتائج عالية يبذل اللاعب جهدا عصبيا وعقليا كبيرا ولايمكن بذله بدون التطوير الجيد للسرعة والقوة. وبالنظر للتكنيك المعقد يتطلب الأمر من اللاعب درجة عالية من تنسيق الحركات التى يجب أن يظهرها فى شروط محدودية مكان الرمى، والسرعة العالية لحركاته، ودوام تميز صفاتها واتجاهاتها وتوجيه الجهود بدقة فى الدوران (خاصة الأدوات التحليقية)، وإمكانية استخدام الصفات الفردية الخاصة بالارتباط مع إتقان التكنيك لها أهمية كبيرة فى انجاح الأداء، أى ان إمكانية استخدام الحركة التمهيدية لخلق الشروط من أجل أداء الجهد النهائى بنجاح. ويقيم نجاح أداء الحركة الكاملة وأجزائها بالفرق بين بعد تحليق (طيران) الأداة فى الرميات من الحركة التمهيدية ومن الرمى من المكان. ففى التكنيك الجيد تضاف الزيادات التالية إلى الرمى عن المكان:

فى دفع الجلة (٥,١م - ٢م)، وفى إطاحة القرص (٨م - ١٢م) وفى رمى المطرقة (٢٥م - ٣٢م)، وفى رمى الرمح (٢٥م - ٣٠م).

وتقسم رميات ألعاب القوى وفقا لوزن الأداة وشكلها إلى ما يلى:

١ ـ رمى أدوات خفيفة (الرمح).

٢ ـ رمى أدوات متوسطة الوزن (قذف القرص).

٣ ـ رمى أدوات ثقيلة (دفع الجلة).

ويعتمد مدى رمى الأداة فى ألعاب القوى فى الظروف العادية التى تجرى فيها التدريبات أو المسابقات على ما يلى:

١ ـ السرعة الابتدائية للأداة لحظة الطيران «التحليق».

٢ ـ زاوية الطيران.

٣ ـ مستوى انطلاق الأداة.

٤ ـ مقاومة الهواء.

٥ ـ زاوية هجوم الأداء.

٦ ـ تصميم وشكل الأداة المقذوفة.

ولننظر فى تأثير كل من هذه العناصر على بعد تحليق الأداة المقذوفة فى ألعاب القوى.

١ ـ السرعة الابتدائية للأداة فى لحظة الطيران:

فى مختلف أنواع الرميات تكون السرعات الابتدائية للمقذوف كالتالى:

(أ) فى رمى الرمح للرجال عندما ترمى الأداة إلى أبعد من ٩٠ مترا تكون السرعة الابتدائية ٣٥م/ث، وللنساء عندما ترمى الأداة إلى أبعد من ٦٠ مترا تكون السرعة الابتدائية ٢٠م/ث.

(ب) فى إطاحة المطرقة إلى أبعد من ٧٠ مترا تكون السرعة الابتدائية ٢٦م/ث.

(جـ) فى قذف القرص إلى أبعد من ٦٠ مترا (للرجال والنساء) تكون السرعة الابتدائية ٢٦م/ث.

(د) فى دفع الجلة إلى أبعد من ١٩ مترا (للرجال والنساء) تكون السرعة الابتدائية ١٣م/ث وأكثر.

وتتوقف مسافة الطيران على السرعة الابتدائية لحظة الطيران وهذه السرعة تنشأ من سرعة انطلاق المقذوف فى الجزء الابتدائى من الحركة ومن السرعة المكتسبة فى الحركة النهائية. ويختلف مستوى أهمية الاقتراب والحركة النهائية لتسارع الأداة بالنسبة لكل نوع من أنواع الرميات كما فى الجدول (١١).

جدول (١١) اختلاف مستوى أهمية الاقتراب والحركة النهائية لتسارع الأداة بالنسبة لكل نوع من أنواع الرميات

أنواع الرميات	الاقتراب		الحركة النهائية		السرعة الابتدائية	
	م/ث	٪	م/ث	٪	م/ث	٪
دفع الجلة	٢ ـ ٢,٢	١٥	١١,٨	٨٥	١٣	١٠٠
رمى الرمح	٦ ـ ٨	٢٠	٢٢	٨٠	٣٠	١٠٠
قذف القرص	١٠ ـ ١٢	٤٥	١٥	٥٥	٢٧	١٠٠
إطاحة المطرقة	٢٢	٨٥	٤	١٥	٢٦	١٠٠

يتضح من الجدول السابق، أن الأهمية الأكبر فى تعجيل الإدارة فى دفع الجلة ورمى الرمح مردها للجهد النهائى، أما فى قذف القرص فإن جزئى التكنيك يمتلكان نفس القدر من الأهمية تقريبا، فى حين أن الجزء الأكبر من السرعة فى إطاحة المطرقة يتم اكتسابه فى التدريبيات والدورات التمهيدية. ولكن من الخطأ الاعتقاد بأنه يوجد أجزاء حركات رئيسية وأخرى ثانوية، بل الاصح القول إنه يوجد أجزاء أساسية وأخرى مساعدة مع اختلاف مستوى أهميتها التكنيكية. ويجب أن يوضع هذا فى الاعتبار عند تدريس وتكامل الإعداد التكنيكى للرامى.

وهناك علاقة طردية بين السرعة الابتدائية وأطول المسافات التأثير على الأداة، فكلما كانت المسافة أطول كلما كان طول فعالية تسارع أيهما والأداة أكبر كما فى جدول (١٢).

كما أن الزمن الذى يقوم خلاله اللاعب بالتأثير على الأداة فى خلال المسافة المعنية توجد بينه وبين الوصول لأكبر سرعة ابتدائية علاقة عكسية أى كلما قل وقت تأثير اللاعب على الأداة كانت السرعة أكبر .

جدول (١٢) نوع الرمية ـ طول المسافة خلال خطوات الاقتراب الجهد النهائى

أنـــواع الأدا	طول المسافة بالمتر	
	خطوات الاقتراب	الجهد النهائى
دفع الجلة	١ ـ ١,٢٠	١,٥ ـ ١,٧
قذف القرص	١٠ ـ ١٢	٣,٥ ـ ٤,٥
رمى الرمح	أكثر من ٢٠	٣ تقريبا
إطاحة المطرقة	أكثر من ٦٠	أكثر من ٦

ومقادير هذه المؤشرات تحددها المعطيات البدنية العضلية والإعداد التكنيكى للاعب .

زاوية انطلاق الأداة :

تعتبر أفضل زاوية للحصول على أكبر مسافة أفقية نظريا هى الزاوية (٤٥ درجة) ـ بدون حساب زاوية المكان ومقاومة الهواء – ولكن زاوية الانطلاق الأنسب الفعلية يجب أن تكون أقل بهدف استغلال الصفات الإيروديناميكية للأدوات القادرة على الطيران بشكل أحسن، وخلق شروط مناسبة لأجل عمل المجموعات العضلية الأساسية، المعجلة للأداء، واستخدام تيار الهواء لأجل زيادة بعد طيران الأداة، وبسبب ارتفاع إطلاق الأداة (وجود زاوية المكان) .

ويكون معدل زاوية الانطلاق فى مختلف الرميات كالآتى :

١ ـ فى دفع الجلة من ٣٩ ـ ٤٢ درجة .

٢ ـ فى قذف القرص من ٣٦ ـ ٣٩ مع اتجاه الريح للرجال والنساء من ٣٣ ـ ٣٥ درجة أما الرمى عكس اتجاه الريح ٢٧ ـ ٣٠ درجة .

٣ ـ فى رمى الرمح ٣٠ درجة تقريبا.

٤ ـ فى إطاحة المطرقة من ٤٢ ـ ٤٤ درجة.

وتؤثر زاوية الانطلاق تأثيرا كبيرا على مدى بعد تحليق الأداة. فمثلا فى إطاحة المطرقة بسرعة ٢٤م/ ث وعندما يكون ارتفاع الإطلاق ٢ متر تكون علاقة الارتباط بين زاوية الانطلاق وبعد الطيران (التحليق) كالآتى:

زاوية الانطلاق	بعد الرمية
٣٥	٤٨,٩٢م
٣٥	٥٧,٨٩م
٤٥	٦٠,٥٢م

وكلما كانت سرعة إطلاق الأداة أكبر، كلما استلزم إطلاق الأداة بزاوية أكبر. فمثلا فى دفع الجلة وفى ظل ظروف متساوية ثابتة، عندما تكون السرعة الابتدائية مساوية ١١م/ ث، تكون الزاوية المثلى لطيران الأداة ٤٠,٦ درجة، وفى سرعة ١٢م/ ث تكون زاوية الانطلاق ٤١,٢ درجة، أما فى سرعة ١٣م/ ث فالزاوية تكون ٤١,٧ درجة ويتم ضمان زاوية الانطلاق فى الجهد النهائى من إطلاق الأداة من الناحية التكنيكية من خلال صحة حركة دفع الرجلين وحركات اليدين الموجهة ـ وزاوية الانطلاق فى ترابط متبادل مع مستوى ارتفاع إطلاق الأداة. (٣ : ٤٨ ـ ٤٩).

مستوى ارتفاع انطلاق الأداة:

يتوقف الارتفاع الذى يتم منه إطلاق الأداة على طول قامة اللاعب وطول يديه وإمكانيته فى أداء الجهد النهائى. فكلما كان ارتفاع إطلاق الأداة أكبر، كلما تطير الأداة لمسافة أكبر وذلك فى ظل شروط متساوية ثابتة.

فعلى سبيل المثال، فى دفع الجلة، إذا كانت السرعة الابتدائية مساوية ١٣م/ ث وزاوية الانطلاق ٤١ درجة، فإن الارتباط بين ارتفاع الانطلاق وبعد الطيران يكون كالآتى:

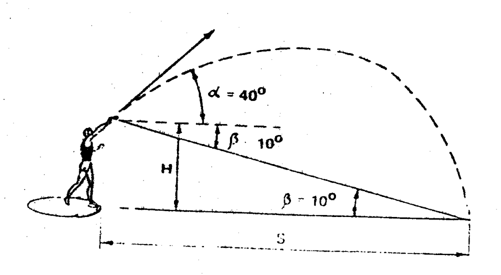
١ ـ عندما يكون ارتفاع الانطلاق مساوى ١,٨م يبلغ بعد الطيران ١٨,٩٣م.

٢ ـ عندما يكون ارتفاع الانطلاق مساوى ٢,٢ متر يبلغ بعد الطيران ١٩,٣٩ متر.

٣ ـ عندما يكون ارتفاع الانطلاق ٢,٦ متر يبلغ بعد الطيران ١٩,٦٦ مترا.

ويلاحظ هذا الشكل من العلاقة المترابطة فى الرميات الأخرى أيضا.

ويؤثر ارتفاع نقطة الانطلاق على مقدار زاوية الانطلاق، فكلما كان ارتفاع الانطلاق أكبر كلما قل مقدار زاوية الطيران بالنسبة إلى زاوية ٤٥ درجة الملائمة نظريا. لذا من الأفضل إطلاق الأداة بزاوية إطلاق أقل. ويتأكد ذلك من خلال تغيير «زاوية الموقع» شكل (١٤٠).



شكل (١٤٠) زاوية اطلاق الأداة بزاوية أقل من ٤٥ درجة الملائمة نظريا

وتنشأ زاوية الموقع من تلاقى الخط الواصل بين نقطة هبوط الأداة ونقطة انطلاقها من يد الرامى من جهة، وخط الأفق المار عبر نقطة ارتكاز اللاعب ونقطة هبوط الأداة من جهة أخرى، وهناك علاقة طردية بين «زاوية الموقع» وارتفاع نقطة إطلاق الأداة وعكسية بينها وبين بعد الطيران. وأكبر «زاوية موقع» توجد فى دفع الجلة وتتراوح بين ٥,٥٥ ـ ١٠ درجة ولذلك فإن زاوية الانطلاق المثلى هى بين ٣٩ ـ ٤٢ درجة، وفى الرميات الطويلة يصل مقدار قيمة «زاوية الموقع إلى ٢ ـ ٣ درجة، وبالارتباط مع هذا

فإن زاوية الانطلاق فى رمى المطرقة يقترب إلى ٤٤ ـ ٤٥ درجة. وبالإضافة إلى هذه العوامل فإن اتجاه الريح وقوتها تؤثر أيضا على تغيير زاوية انطلاق الأدوات المحلقة (القرص ـ الرمح).

مقاومة الوسط الجوى المحيط (مقاومة الهواء):

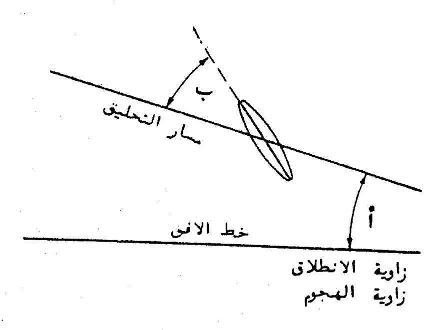
يظهر تأثير اتجاه قوة الريح فى تكنيك أداء الرمى، فالريح المواتية، مهما صغرت تزيد من بعد المسافة فى رمى المطرقة والجلة، أما الريح المعاكسة فتقلل بالمقابل من بعد الطيران. إلا أن بعد الطيران لايقل فى حالة رمى الأدوات المحلقة بعكس الريح، بل يزداد. وهكذا، فعند قذف القرص بعكس الريح تطير الأداة أبعد بـ ٣ : ٣,٥م. ولذلك من الأفيد رمى الأدوات المحلقة بعكس الريح. ولكن رمى الأداة بعكس الريـح يستلزم متطلبات عالية من ناحية تكنيك أداء الحركات وخاصة من ناحية دقة إطلاق الأداة بزاوية طيران وزاوية هجوم محدودتين فأقل قدر من عدم الدقة فى الحركة سيؤدى ليس إلى زيادة بعد الرمية بل إلى تقليله بشكل كبير. ولأجل استقلال صفات التحليق للأداة بشكل أفضل من المهم اختيار زاوية الهجوم وأداء الرمية بهذه الزاوية بدقة.

زاوية هجوم الأداة:

فى مرحلة طيران الرمح والقرص تظهر هذه الأدوات صفاتها المحلقة فى الجزء المتناقص من مسار الطيران أثناء الرمى بعكس الريح.

ويساعد فى ذلك الوضعية المثلى للأداة وزاوية الهجوم الإيجابية بالنسبة لتيار الهواء المعاكس. وتنشأ زاوية الهجوم من سطح الأداة ومسار تحليقها (شكل ١٤١). ويمكن لزاوية الهجوم أن تكون إيجابية، أى تحسن تحليق الأداة وتزيد من بعد الرمية، وسلبية أن تقليل من بعد طيران القرص أو الرمح. وتتوقف قيمة زاوية الهجوم على قوة واتجاه الريح الهابة المعاكسة، وعلى الخواص الأيروديناميكية للأداة.

وفى قذف القرص بعكس الريح، تكون قمة زاوية الهجوم بالمعدل ما بين ١٠ ـ ١٢ درجة، أما فى رمى الرمح فتكون ٣ ـ ٤ درجة.



شكل (١٤١) زاوية هجوم الأداة خلال قذف القرص

عند دراسة تكامل تكنيك الحركات من الضرورى اكتساب خاصية أمان إطلاق الأداة بزاويتى الطيران والهجوم الضروريتين وذلك بالارتباط مع تغيير قوة الريح واتجاهها. وينبغى على الرامى أن يحس بالأداة، وبشكل مستمر فى أثناء إعداده التكنيكى. كما أنه من الضرورى تحسين الإعداد التكنيكى لرمى الأدوات من مختلف الأوزان والأشكال والتراكيب. وذلك لكى يتم ضمان دقة بذل الجهود بغض النظر عن مواصفات الأداة (٣:٥،٥١).

تصميم وشكل الأداة :

يتم بشكل متواصل مع مرور الزمن وفى حدود قواعد المباريات تحسين الشكل الخارجى للأداة والمواد التى تصنع منها. فبعد طيران الأداة يتعلق بإمكانياتها الأيروديناميكية ـ مساحة مقطعها العرضى، كيفية توزيع كتلتها، درجة ملاسة سطحها وغيرها ـ وفى الوقت الحالى يتم استعمال أنواع من الرماح والأقراص ذات مستويات عالية من التحليق حيث تستعمل لكل مسافة معينة رماح خاصة: رماح للرمى إلى ٧٠م ، ٨٠م ، ٩٠م للرجال، ورماح للرمى إلى مسافة ٥٠م ، ٦٢م وأكثر للنساء. وترتبط صفاتها اللازمة للتحليق باختلاف موقع مركز ثقل جسمها وتظهر بالعلاقة مع قوة الجهد النهائى. فإذا ما استخدم الرامى صاحب الرقم القياسى الشخصى الذى لا

يزيد عن ٦٠م، الرمح المخصص للرمى إلى مسافة ٩٠م فأكثر، فيمكن القول مسبقا إن رميته ستكون فاشلة ولن تحسب نتيجتها، ذلك لأن الرمح سيهبط بشكل منبسط. ويجب على اللاعب أن يكون على مستوى معين من الإعداد البدنى التكنيكى، وعندئذ فقط يمكن القول إن بإمكانه إحراز النتائج الرياضية العالية.

وتستعمل فى قذف القرص أنواع عادية من الأقراص وأخرى ذات صفات محلقة محسنة. فمن السهل تنفيذ الرمية بنجاح بالأداة العادية إلا أنها تطير لمسافة قصيرة، فى حين أنه من الصعب تنفيذ الرمية بالأداة المحلقة، إلا أنها تطير لمسافة أقل. ويفضل استعمال الأداة العادية عند التدريب على تكنيك الأداء، أما الأدوات المحلقة فحين استكمال تكنيك الأداء على مستوى المهارة الرياضية العالية. وفى سبيل طيران الرمح والقرص بأفضل توازن يقوم الرامى فى اللحظة الأخيرة من الإطلاق بتدوير الأداة.

ومن المسائل المهمة فى رمى المطرقة بعد مركز ثقل كتلة جسم الأداة عن مقبضها. والفرق بين بعد مركز ثقل جسم المرقات المصنوعة من حديد الزهر والمطرقات المصنوعة من الولفرام يصل إلى ١,٩سم. لذا تفضل المطرقات المصنوعة من المعدن ذى الثقل النوعى الأكبر. ومن المهم أخذ موقع مركز ثقل كتلة ذى الثقل النوعى الأكبر. ومن المهم أخذ موقع مركز ثقل كتلة الأداة بعين الاعتبار عند تحسين تكنيك الرمى.

ومن المسائل المؤثرة على مدى طيران الجسم المقذوف أيضا تكنيك أداء أقسام ومراحل وعناصر تكامل الحركة. وتلعب صحة تتابع حركة الأجهزة المختلفة للجسم - الرجلين، الجذع، اليدين الراميتين أو اليد - دورا كبيرا. وفى الأنواع التى يتم فى القسم النهائى من الرمية جعل الأداة تدور (الرمح، القرص) لايجوز أن يكون الدوران سريعا جدا، وذلك لأن مدى طيران الأداة سيكون قصيرا. ويعنى ذلك إعطاء اهتمام خاص فى دفع الجلة ورمى الرمح والقرص لتكنيك حركة اليد الرامية من وجهة نظر صحة أداء الحركة منذ الدروس الأولى.

ولتسهيل القيام بالتحليل فى تكنيك الرمى يمكن تقسيم الحركة إلى قسمين:

أ - خطوات الاقتراب. ب - الحركة النهائية.

(أ) خطوات الاقتراب :

تتكون من عدد مراحل مختلفة : التمسك بالأداة، اتخاذ الوضع الأولى الأساس، الحركات التمهيدية، خطوات الاقتراب نفسها والهدف الرئيسى أو الأساس لخطوات الاقتراب فهو خلق السرعة الابتدائية للرامى والأداة والإعداد للأداء الفعلى للجهد النهائى.

التمسك بالأداة:

يجب أن يتم التمسك بالأداة بطريقة صحيحة تسمح بحرية أداء الحركة بمدى أكبر، وأن تساعد على نقل جهود الرامى إلى الأداة فى ختام الجهد النهائى وخلق الشروط الملائمة لضمان زاويتى الطيران والهجوم الضروريتين للرمية.

اتخاذ الوضع الأولى الأساسى:

يكفل بداية الحركة ويخلق الظروف للحظة الإطلاق. ويعتمد الأداء اللاحق للحركة بكاملها على صحة اتخاذ الوضع الابتدائى الأساسى.

الحركات التمهيدية :

ترتبط الحركات التمهيدية من نوع خطوات الاقتراب حيث أنها ذات علاقة متبادلة مع خصوصية التنقلات اللاحقة للرامى مع الأداة.

ففى دفع الجلة تكون الحركة التمهيدية على شكل انحناء الجسم وتجميع اجزائه، أما فى قذف القرص فتكون على شكل تلويحه باليد الممسكة بالقرص، وفى إطاحة المطرقة ـ دوران الرامى التمهيدى - وحالة خاصة فى رمى الرمح تكون بانتقال اللاعب من الوضع التمهيدى إلى خطوات الاقتراب فورا.

إن الحركات التمهيدية يجب أن تكفل تركيز انتباه الرامى على مسألة أداء الحركة.

الجزء الرئيسى فى خطوات الاقتراب :

تمتلك خطوات الاقتراب خصوصياتها بالارتباط مع نوع الرمية فإذا كانت خطوات الاقتراب تتم فى خط مستقيم (دفع الجلة، رمى الرمح)، فإن الاهتمام الأكبر ينصب على سرعة أدائها، حيث يجب أن تكون السرعة فى أقصاها، والسرعة الأساسية

لخطوات الاقتراب تنشأ أثناء عملية العدو أو القفز. وفى الحالة التى يتم فيها خطوات الاقتراب بحركات دورانية (قذف القرص، إطاحة المطرقة) فإن الدور الأهم يعود للسرعة الزاوية لدوران الرامى ولمدى حركة الأداة، وللحصول على سرعة الزاوية لدوران الرامى ولمدى حركة الأداة، وللحصول على سرعة خطية عالية فإن العلاقة بينهما يجب أن تكون فى أقصاها. وتعتمد سرعة الزاوية على سرعة دوران اللاعب، أما المدى فيعتمد على المواصفات البدنية للاعب (طول الذراعين) وإعداده (قوة عضلات الظهر). وفى حالة ما إذا كان المدى مفرطا فى الطول فإن سرعة الدوران تقل إلى القدر الذى يؤثر بشكل سلبى على السرعة الخطية. إما فى حالة تقليل المدى بشكل كبير فإن سرعة الدوران تزداد إلى حد ما، إلا أن مؤشر السرعة الخطية لن يكون فى أقصاه أيضا. لذلك من الضروى ان يصل الترابط المتبادل بين المدى وسرعة الدوران إلى مستواه الامثل حيث تلعب سرعة الدوران دورا أساسيا.

ينبغى للسرعة فى جميع أنواع الرميات فى حالة الأداء الصحيح لخطوات الاقتراب أن تزداد كلما اقتربنا من نهايتها. ففى البداية تكون منظومة الرامى والأداة متساوية. وعند الإعداد للجهد النهائى يكون تنقل الجزء الأسفل للاعب ـ الحوض والقدمين ـ أسرع، من تنقل الجزء الأعلى من جسم اللاعب (الكتفين) ويسبق حركة الأداة. فى هذه اللحظة تنبسط العضلات التى تشارك بفعالية بأقصى مداها لتعجيل سرعة الأداة أثناء أداء الجهد النهائى.

ب ـ الجهد النهائى :

تعتبر مرحلة الانتقال من مرحلة خطوات الاقتراب إلى الجهد النهائى أكثر المراحل تعقيدا، حيث يعتمد بشكل كبير مدى طيران الأداة فى رميات العاب القوى على أداء الجهد النهائى المبذول إلا أن مستوى هذا الاعتماد يختلف من نوع إلى آخر من أنواع الرميات. وفعالية أداء الجهد النهائى مرتبطة بطول المسافة والوقت المبذولين فى نقل الجهود إلى الأداة وقوة هذه الجهود واتجاهها.

ولضمان بعد الرمية من الضرورى، أن تكون الأداة فى بداية الحركة النهائية، على قدر الإمكان، أبعد ما يكون عن نقطة الطيران، ويعتمد ذلك على :

ـ الشكل الأمثل لانحناء الجذع ولويه ودورانه .

ـ درجة ثنى رجل الرامى وشكل توزيعها فى أثناء الرميات التى تتطلب حركة تقدم مستقيمة ـ الجلة ، الرمح .

ـ الشكل الأكمل لاستقلال قوة سرعة اللاعب .

بالإضافة إلى أداء هذا الجهد من وضعية ارتكاز ثنائى وإمكانية المحافظة على ثبات الجسم فى أثناء الحركة النهائية وإمكانية استخدام الصفات المطاطية للعضلات فى سبيل درجة من انبساطها التمهيدى ، وصحة حركة الرجلين (توافق حركة الرجل اليسرى واليمنى) وإمكانية إيقاف حركة أجزاء منفردة من الجسم فى الوقت المناسب وبنفس التتابع الذى يتم به تعجيل سرعة الأداة وذلك فى سبيل نقل عدد من الحركات إلى الأجزاء الأخرى من الجسم وفى النهاية إلى الأداة ، وتعتمد أيضا على أن تسبق حركة الرجلين والحوض حركة حزام الكتف .

ويجب على تكنيك حركة الرامى فى أثناء الجهد النهائى أن يؤمن أمثل زاوية طيران للأداة وأكبر ارتفاع لإطلاقها .

ويجب على الرامى أن يحافظ على توازنه وعدم مخالفة قواعد المباريات . ويتم ذلك عن طريق تغيير وضع الرجلين مع تخفيض مركز ثقل الجسم في الوقت المناسب أو بالدوران حول الرجل اليسرى .

ويلعب الإيقاع الزمانى والمكانى ومقداره من حيث السرعة والقوة لجميع الحركات دورا هاما فى أداء تكنيك الرميات ، فالرمية المؤداة بإيقاع جيد وبسرعة تنافسية وفى ظل مراعاة شروط ثابتة تكون بعيداً على الدوام . ويتم باستمرار تحسين تكنيك الحركة أن تكون على مستوى عناصرها أو على مستوى إيقاع الحركة ككل .

ومن طرق التحسين اللاحق للتكنيك :

ـ تعجيل خطوات الاقتراب التمهيدية (زيادة طول الطريق ، زيادة السرعة ، تغيير خطوات الاقتراب) .

ـ تحسين أشكال سبق الأداة (التقليل من فقدان السرعة ، عند الانتقال من خطوات الاقتراب إلى الحركة النهائية) .

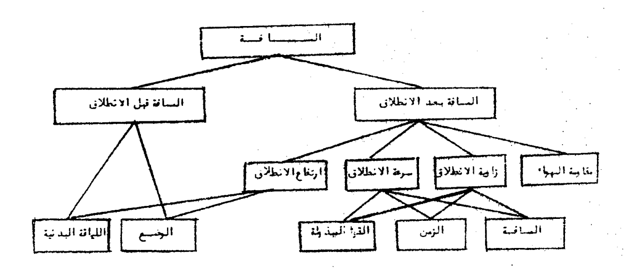
- تقريب الاتجاه الذى تسلكه الأداة فى التعجيل التمهيدى من اتجاه الجهود فى الحركة النهائية وغيرها.

- تقليل الجهد النهائى (زيادة قوة أدائه بالعلاقة مع إيجاد أحسن علاقة متبادلة بين أجزاء الجسم المختلفة وتركيز الجهود فى أهم أقسام مجالات تعجيل الأداة).

- تكامل الإيقاع العام للحركة.

تلخيص:

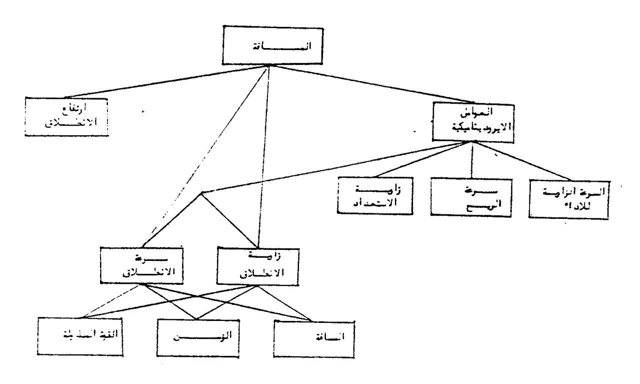
العلاقة بين مسافة دفع الجلة التى يحققها لاعب الجلة والعوامل المحددة لهذه المسافة شكل (١٤٢).



شكل (١٤٢) العوامل الأساسية فى دفع الجلة

تلخيص :

المسافة بين مسافة قذف القرص التى يحققها لاعب القرص والعوامل المحددة لهذه المسافة شكل (١٤٣).



شكل (١٤٣) العوامل الأساسية فى قذف القرص



المراجع العربية

١ ـ **إبراهيم رفعت : (١٩٦٣م).** الديناميكا الهندسية. ج (١). دار المعارف، يوسف حماد.

٢ ـ **أحمد حماد : (١٩٧٦م).** الميكانيكا، الجهاز المركزى للكتب الجامعية وآخرون، والمدرسية والوسائل التعليمية. القاهرة.

٣ ـ **أولنج كولودى : (١٩٨٥م).** ألعاب القوى. ترجمة حسن مالك وآخرون. دار التربية البدنية والرياضة. الاتحاد السوفيتى.

٤ ـ **إيهاب عادل عبد البصير: (١٩٩٦م).** بعض المتغيرات الميكانيكية والصفات البدنية الخاصة وعلاقتها بمستوى أداء الثقلية الأمامية على اليدين على حصان القفز». ماچستير. كلية التربية الرياضية ببورسعيد. جامعة قناة السويس.

٥ ـ **تشارلز. أ. بيوتشر: (١٩٦٤م).** أسس التربية البدنية. ترجمة حسن سيد معوض. كمال صالح عبده. مؤسسة فرنكلين للطباعة والنشر. القاهرة.

٦ ـ **جمال علاء الدين: (١٩٨١م).** دراسة معملية فى بيوميكانيكا الحركات الرياضية. دار المعارف. الاسكندرية.

٧ ـ **جيرد هوخمث: (١٩٧٨م).** الميكانيكا الحيوية وطرق البحث العلمى للحركات الرياضية. ترجمة كمال عبد الحميد. دار المعارف. القاهرة.

٨ ـ **زكى الحبشى: (١٩٦٤م).** علم الحركة فى المجال الرياضى. مكتبة القاهرة الحديثة. القاهرة.

٩ ـ **سعد كامل أحمد: (١٩٧٥م).** ديناميكا الجسم. ط١. مطبعة المدنى. القاهرة وآخرون.

١٠ ـ **سليمان على حسن: (١٩٧٨م).** القوى فى حركة جسم الإنسان. صحيفة التربية الرياضية. السنة الثانية. العدد الثانى. كلية التربية الرياضية للبنين. القاهرة. جامعة حلوان.

١١ ـ **عادل عبد البصير: (١٩٨٢م).** «تحليل ديناميكية بعض حركات المرجحات من وضع الارتكاز على جهاز المتوازيين». رسالة دكتوراه. كلية التربية الرياضية للبنين. القاهرة. جامعة حلوان.

١٢ ـ **عادل عبد البصير : (٨٣/ ١٩٨٤م).** الميكانيكا الحيوية والتقويم والقياس التحليلى فى الأداء البدنى. الجهاز المركزى للكتب الجامعية والمدرسية والوسائل التعليمية. القاهرة.

١٣ ـ **عادل عبد البصير: (١٩٨٨م).** أسس ونظريات جمباز المسابقات للناشئين عقلة ـ حصان قفز ـ حصان حلق. ج(٢). ط(١). المولف. بورسعيد.

١٤ ـ **عادل عبد البصير : (١٩٩٠م).** أسس ونظريات الجمباز الحديث. المؤلف. بورسعيد.

١٥ ـ **عادل عبد البصير : (١٩٩٠م).** الميكانيكا الحيوية والتكامل بين النظرية والتطبيق فى المجال الرياضى، ط(١). المؤلف. بورسعيد.

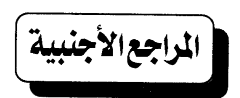
١٦ ـ **عادل عبد البصير : (١٩٩٨م).** المدخل لتحليل الأبعاد الثلاثة لحركة جسم الإنسان فى المجال الرياضى. مركز الكتاب للنشر. القاهرة.

١٧ ـ **فضيلة حسين سرى : (١٩٧٧م).** جمباز النبات. الجهاز المركزى للكتب الجامعية والمدرسية والوسائل التعليمية. القاهرة.

١٨ ـ **كورت ماينل : (١٩٧٠).** علم الحركة. ترجمة عبده نصيف. المؤسسة العامة للصحافة والطباعة مطبعة الحكومة. بغداد.

١٩ ـ **ليلى زهران وآخرون : (١٩٨٥م).** الأسس العلمية والفنية للجمباز والتمرينات. دار الفكر العربى. القاهرة.

٢٠ ـ **محمد يوسف الشيخ : (١٩٨٢م).** الميكانيكا الحيوية. دار المعارف. مصر.



المراجع الأجنبية

21 - **A.D. Kinnear: (1968).** "Breast stroke Today. swimming Technique". IV.

22 - **A. H. Payne : (1970)** "A Preliminary Investigation and F.B.Blader into the Mechanics. of the sprint start. Bulletin of physical Education. VII.

23 - **Alley. L.E. : (1952).** "An Analysis of Water Resistance and propulsion in Swimming the Crawl Strok". Research Quarterly XXIII.

24 - **Arnold "Red" Auerbech: (1953).** Basketball for the player. the Fan. and the coach (New york: Pocket Books.

25 - **Aniko Barabas, : (1994).** Biomechanics in sport Guyla Farbiand XII, Proceeding of the 12th symposium of the International society of biomechanics in sports, Hungarian University of physical Education Budabest, Hungary.

26 - **Basler, Adolf : (1929).** Zur Physiologie des Hocken. Zeitschrift. Fur Biologie.

27 - **Bill Sharman : (1967).** Sharmman on Basketball (Engle wood - cliffs. N.J prentic-Hall.

28 - **Bob Cousy and : (1970).** Basketball concept. and Frank G. Powe Techniques Boston. Allyn and Bacon.

29 - **Borlli G.A: (1680/1681).** De Motu Animalium. Lugduni Batavarum.

30 - **Brian P. Garfoot.** "Analysis of Trajectory the shot" Track technique.

31 - **Buchmann. G : (1969).** Greätturnen. An Leitung fur weiter bidung und fernestudiu. DHFK. Leipzig.

32 - **Clauser, Charles E., McConville, John T., and Young, J.W. :** (1969). Weight Volume and center of mass of segment of the Human Body, AMRI. Technical Report. Wright - Patterson Air Force Base Ohio.

33 - **Contini, Renoto, Driuis Rudolfs, J. and Blueten Maurice: (1963).** Determination of Body segment Parometers. Human Factors.

34 - **Contini, R., Drillis, R: (1966).** "Kinematic and Technique in Biomechanics Adv. in Bioengineering and Instrumentation. Ed., By F. Alt. Plenum Press. Newyork.

35 - **Cooper, John M.Ed. D.: (1969).** The Theory and science of Bosketball. Philodelphia lea and Febiger.

36 - **David J. East: (1970).** "Swimming. An analysis of stroke Frequency. Strake length and performance. Newzealand Journal of Health, Physical Education and Recreation. III.

37 - **Dempester, W.T. : (1955).** Space requeirements of the seated operator. WADC Technical Repart 55-159 wright patterson Air Force Base. Ohio.

38 - **Donskoi D.D.,: (1967).** Biomechanik der körperübung. sportverlag. W.B. Saunders Co.

39 - **Dorland, A.: (1956).** Illustrated Medical Dictionary (Philadelphia W.B. Sounders.).

40 - **Doyice J. Contten and Denning : (1970).** " Comparsion of Reaction Movement time from four vaxiation of the upright stance:. Reseorch Quarterly. XII.

41 - **E. Asmussen.: (1976).** "Morement of Man and study of Man in Motion" a scaning review of the development on Biomechanics. Volum IA university Park press. Baltimore.

42 - **Elizabeth M. Mortimer:** Basketball shooting:. Research Quartery. XXII.

43 - **Eugene P. Kruchoski: (1954).** A Performance Analysis of drage and propulsion in swimming. Three selected from the back crowl stroke:. (Ph. D. dissertation. State university of Iowa.

44 - **Fischer and J. Merhaupt, Toni Nett: (1962).** Result of study cited Foot contact at the Instant of Release in threwing" Track Technique.

45 - **Fronk Szymanski: (1967)** "A clinical Andysis of Jump shot. Scholastic coach. XXXVII.

46 - **Geoffrey F.D. Pearson: (1966).** "The shot - put' I. in Illustrated Guide to Olympic Tracke and Field Techniques. Ed. Tom Ecker and Fred wilt (West Nyack N.Y., Parker Publishing Co.).

47 - **Hason, Dale: (1974).** Basket ball New Jersey. Prentice - Hall Inc.. Englewood cliffs.

48 - **Hay. J. : (1973).** The Biomechanics of Sports Techniques. Prentice. Hall. Inc. Englewood Cliffs. N.J.

49 - **Hay. J. : (1973).** "The center of Gravity of Human Body". Kinesiology, III. The Committee on kinesiology of physical Education Division. Washington.

50 - **Hay. J. : (1973).** : Akinematic Analysis of the Hiqh Jump". Track Technique No. 53.

51 - **H, H. Lockwood: (1963).** "Throwing the discus". Athletics. ed by G.F.D. Pearson (Edinbwgh: Thomas Nelson and sons Ltd.).

52 - **Hurray, M.M. et al.: (1967).** Center of Gravity of Pressure and supportive force during human Activities. J. App. Physiology. Vol. 23.

53 - **J. Kenneth Doherty: (1963).** Modern Track and Field. (Engle wood Cliffs. N.J.: Prentice - Hali.

54 - **John. H. Harvey: (1966).** "Statistical Trends in Basketball" Scholastic coach. XXXVI.

55 - **John R. Wooden:** Practical Modern Basket ball (New york The Ronald Press Co.).

56 - **John W. Bunn : (1972).** The scientific principles of coach. (Englewood cliffs - N.J.: Prentice - Hall).

57 - **Kart, Koch, : (1976).** Vom Bockspringen Zu den Langsprungen 5 Aulfage Verlg Hafman. Scharndarf.

58 - **Karl Hoffman : (1967).** " The Length and frequency of stride the world's leading female sprinters". Treatises, Texts and Decuments WSWF in Poznan Series. Treatis No. 17.

59 - **Miller Doris I.: (1969).** A computer simulation Model of the Aurborne phase of diving. Ph.D. dissertation. Pennsylvania State University.

60 - **Morris, Donald: (1969).** Kentucky High. school Basketball. New york. Parker Publishing Com.

61 - **Pat Tan Eng Yoon:** The Triple Jump. an International Track and Field Coaching Eneyclopedia. Fred wilt and tom Ecker (west Nyack N.Y., Park Publishing com.).

62 - **P.E.Allsen and william Ruffnear: (1969).** "Relationship between the Type of pass and loss of the Ball in Basketball". Athletic Journal, XLIX.

63 - **Petter Tschiene : (1969).** "Perfection of shot Put Technique". Track Technique No. 37.

64 - **Phillip E. Alsen:** "The Rebound Area". Athletic Journal. XLVIII.

65 - **Ponech, H., : (1960)** Stutzsprunge. sportverlag. Berlin.

66 - **Roger Enoka : (1971).** "The Effect of Different length of Eun up on the Heigh to which a Spiker in Vollyball can Reach. Newzealand Journal of Health Physical Education and Recreation. IV.

67 - **Thomas K. Cureton: "(1976).** Elementary Principles and Techniques op Cinematographic Analysis". Research Quarterly X.

68 - **Ukran. M.L.: (1970)** Technik Der Turnübungen sportverlag. Berlin.

69 - **Valdimer Popov : (1969).** Training For the long Jump. Trains by Masami Okamoto (Tokio. Baseball Magazine Com.

70 - **W. Baumann : (1976).** " Kinematic and Dynamic Charactaristic of the Sprint start. in Biomechanics V.B. ed By Poavo V. Komi (Baltimore. University Park Press.

71 - **Webester's : (1962).** Third New International Dictionary of English language C Spring Field Mass: G & C. Merrian Com.

كشاف المعادلات

رقم المعادلة	المعادلة	رقم الصفحة
١ -	$\text{ع} = \frac{\text{ف}_{٢} - \text{ف}_{١}}{\text{ن}_{٢} - \text{ن}_{١}}$ $V = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$	٣١
٢ -	$\text{ع}_{\text{اللحظية}} = \text{نها}_{\Delta \text{ن} \to \text{صفر}} \frac{\text{ف}_{٢} - \text{ف}_{١}}{\text{ن}_{٢} - \text{ن}_{١}} = \frac{\Delta \text{ف}}{\Delta \text{ن}} = \frac{\text{د ف}}{\text{د ن}}$ $V_{mom.} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}$	٣١
٣ -	$\text{جـ}_{\text{م}} = \frac{\text{ع}_{٢} - \text{ع}_{١}}{\text{ن}_{٢} - \text{ن}_{١}} = \frac{\Delta \text{ع}}{\Delta \text{ن}}$ $a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	٣٨
٤ -	$\text{جـ} = \text{نها}_{\Delta \text{ن} \to \text{صفر}} \frac{\text{ع}_{٢} - \text{ع}_{١}}{\text{ن}_{٢} - \text{ن}_{١}} = \frac{\Delta \text{ع}}{\Delta \text{ن}} = \frac{\text{د ع}}{\text{د ع}}$ $a = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}$	٣٨

رقم المعادلة	المعادلة	رقم الصفحة
٥ -	ح = دع / دن = (دف / دن) / دن = دف / دن٢	٣٩
	$a = \frac{dv}{dt} = \frac{\frac{ds}{dt}}{dt} = \frac{ds}{dt^2}$	
٦ -	ع م = √(ع٢ص + ع٢س)	٤١
	$V_R = \sqrt{(V_y)^2 + (v_x)^2}$	
٧ -	ع ص = ع م × جاهـ^	٤١
	$V_y = V_R . \text{Sin}\ \theta .$	
٨ -	ع س = ع م × جتاهـ^	٤١
	$V_X = V_R . \text{Cos.}\ \theta .$	
٩ -	ن لأعلى = (ع م × جاهـ^) / د	٤١
	$t\ \text{up.} = \frac{V_R . \text{Sin}\ \theta .}{g}$	

رقم المعادلة	المعادلة	رقم الصفحة
١٠ -	ن = (ع م × جا هـ) / د + (ع م × جا هـ) / د = (٢ ع م × جا هـ) / د	٤٢
١١ -	ن = (ع م × جا هـ + √((ع م × جا هـ)٢ + ٢ د ل)) / د	٤٢
١٢ -	ف س = ع م جتا هـ . (٢ ع م جا هـ) / ن = ع س × ن	٤٣
١٣ -	ف س = (ع٢م جا ٢ هـ) / د	٤٣
١٤ -	ف س = (ع٢ جا هـ . جتا هـ + ع م جتا هـ √((ع م جتا هـ)٢ + ٢ د ل)) / د	٤٤

$$T = \frac{2V_R . \text{Sin}\,\theta}{g}$$

$$T = \frac{V_R . \text{Sin}\,\theta + \sqrt{(V_{R.} \sin\theta)^2 + 2gh}}{g}$$

$$D = V_R . \text{Cos}.\,\theta . \frac{2V_R . \text{Sin}\,\theta +}{g} = V_X . T$$

$$D = \frac{V_R^2 . 2\sin\theta}{g}$$

$$D = \frac{V_R^2 . \text{Sin}\,\theta . \text{Cos.G.} + V_R \text{Cos}.\theta \sqrt{(V_R \sin\theta)^2 + 2gh}}{g}$$

رقم المعادلة	المعادلة	رقم الصفحة
١٥ -	$\text{ى} = \frac{\hat{\text{هـ}}_{٢} - \hat{\text{هـ}}_{١}}{\text{ن}_{٢} - \text{ن}_{١}} = \frac{\Delta\ \hat{\text{هـ}}}{\Delta\ \text{ن}}$	٥٠
	$\omega = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\ \theta}{\Delta\ t}$	
١٦ -	$\bar{\text{ى}} = \text{نها}_{\Delta \text{ن} \leftarrow \text{صفر}} \frac{\theta_{٢} - \theta_{١}}{\text{ن}_{٢} - \text{ن}_{١}} = \frac{\Delta\ \theta}{\Delta\ \text{ن}}$	٥٠
	$\varpi = \lim_{\Delta t \to o} \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\ \theta}{\Delta\ t}$	
١٧ -	$\text{ى} = \frac{\text{د}\ \hat{\text{هـ}}}{\text{د ن}} = \frac{\frac{\text{د ف}}{\text{نق}}}{\text{د ن}} = \frac{\text{د ف}}{\text{نق}^{٢}}$	٥١
	$\omega = \frac{d\hat{\theta}}{dt} = \frac{\frac{ds}{r}}{dt} = \frac{v}{r}$	
١٨ -	$\text{جـ}_{\text{نق}} = \text{ع} \times \text{ى}$ ، $\text{جـ}_{\text{نق}} = \frac{\text{ع}^{٢}}{\text{نق}}$ ، $\text{جـ}_{\text{نق}} = \text{ى}^{٢} . \text{نق}$	٥٤
	$a_r = v.\omega$, $a_r = \frac{v^2}{r}$, $a_r = \omega^2 . r$	
١٩ -	$\text{ع}_{\text{س}} = \frac{\text{د س}}{\text{د ن}} = \dot{\text{س}}$	٥٦
	$V_x = \frac{dx}{dt} = \dot{x}$	

رقم المعادلة	المعادلة	رقم الصفحة
١٩-أ-	$\text{ع ص} = \frac{\text{د ص}}{\text{د ن}} = \dot{\text{ص}}$ $V_y = \frac{dy}{dt} = y$	٥٦
٢٠-	$\text{جـ}_{\text{س}} = \frac{\text{د ع س}}{\text{د ن}} = \frac{\text{د س}^{٢}}{\text{د ن}^{٢}} = \ddot{\text{س}}$ $a_x = \frac{d v_x}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2} = \ddot{X}$	٥٦
٢١-أ-	$\text{جـ}_{\text{ص}} = \frac{\text{د ع ص}}{\text{د ن}} = \frac{\text{د ص}^{٢}}{\text{د ن}^{٢}} = \text{ص}$ $a_y = \frac{d v_y}{dt} = \frac{d^2 y}{dt^2} = \ddot{y}$	٥٦
٢٢-	$\text{ز} = \frac{\text{ى}_{٢} - \text{ى}_{١}}{\text{ن}_{٢} - \text{ن}_{١}} = \frac{\Delta \text{ ى}}{\Delta \text{ ن}}$ $\alpha = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$	٥٨
٢٣-	العجلة الزاوية اللحظية (ز) $= \frac{\text{د ى}}{\text{د ن}} = \frac{\frac{\text{د } \hat{\text{هـ}}}{\text{د ن}}}{\text{د ن}} = \frac{\text{د } \hat{\text{هـ}}}{\text{د ن}^{٢}}$ $\alpha = \frac{d \omega}{dt} = \frac{d \frac{d\varphi}{dt}}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$	٥٨

رقم المعادلة	المعادلة	رقم الصفحة
٢٤ -	ق = ك × جـ $F = m . a$	٦١
٢٥ -	ق / و = جـ / جـ جاذبية $\frac{F}{G} = \frac{a}{g}$	٦٢
٢٦ -	٣٢ × ق × ن = ك × جـ × ن = ك × ع $32. F.t = m. a. t. = m . v$	٦٩
٢٦ - أ -	٩,٨١ × ق × ن = ك × جـ × ن = ك × ع $9.81. F.t = m. a. t. = m . v$	٦٩
٢٧ -	∫ من ن$_{١}$ إلى ن$_{٢}$ ق (ن) د ن = ك (ع$_{٢}$ - ع$_{١}$) $\int_{t_1}^{t_2} F (t) \, dt = m (v_2 - v_1).$	٧٤
٢٨ -	ش = و × ف $W = F . d$	٧٦
٢٩ -	ق$_{١}$ × ف$_{١}$ = ق$_{٢}$ × ف$_{٢}$ $F_1 \, d_1 = F_2 \, d_2$	٧٧
٣٠ -	ش = و × ف = ط$_{وضع}$ $W = F . d = P . E.$	٧٧
٣١ -	١/٢ ك (ع^{٢} - ع$^{٢}_{صفر}$) = ق × ف $\frac{1}{2} m (v^2 - v_0^2) = F.d.$	٧٨

رقم المعادلة	المعادلة	رقم الصفحة
٣٢ -	و × ف + ك ع٢/٢ = مقدار ثابت $F.d + \frac{1}{2} mv^2 = Constant$	٧٩
٣٣ -	القدرة = الشغل / الزمن $P = \frac{w}{t}$	٧٩
٣٤ -	م = ق × ف $M = F \times M . A.$	٨٣
٣٥ -	ط ح = ك/٢ ع٢ $K.E. = \frac{1}{2} mv^2$	٨٤
٣٦ -	ط ح = ك/٢ نق٢ . ى٢ $T = \frac{1}{2} m. r^2. \omega^2$	٨٤
٣٧ -	ض ج = مجـ ض = مجـ Δ ك نق٢ $J = \Sigma I = \Sigma \Delta m r^2$	٨٥
٣٧ أ -	ض = ∫ نق٢ . د ك $J = \int r^2 . dm$	٨٦

رقم المعادلة	المعادلة	رقم الصفحة
٣٧ - ب	ض = ث $\int^{س}\int^{ص}\int^{ز}$ نق^{٢} (دس) (دص) (دز) $J = C \int^{x}\int^{y}\int^{z} r2\,(dx)\,(dy)\,(dz)$	٨٦
٣٨ -	ض$_{م}$ = ض$_{\bar{م}}$ + نق^{٢} ك $J_m = J_{\bar{m}} + r^2 m$	٨٦
٣٩ -	م . ن = ض . ى $M \,.\, t = J \,.\, \omega$	٨٩
٣٩ - أ	$\int_{ن_١}^{ن_٢}$ م (ن) د ن = ض$_{١}$ ى$_{١}$ - ض$_{٢}$ ى$_{٢}$ $\int_{t_1}^{t_2} M(t)\,dt = J_2\,\omega_2 - J_1\,\omega_1$	٨٩
٤٠ -	ط ح$_{د}$ = ض$_{\bar{م}}$ $\frac{ى^{٢}}{٢}$ $E_{rot} = J_{C.G} \frac{\omega^2}{2}$	٩١
٤١ -	ط$_{و}$ + ط ح خـ + ط ح$_{د}$ + ط حرارية = مقدار ثابت $E_{pot} + E_{kin} + E_{Rot.} + E_{wprm.} = C$	٩١
٤١ - أ	و . ف + ك $\frac{ع^{٢}}{٢}$ + ض$_{\bar{م}}$ $\frac{ى^{٢}}{٢}$ + ط حرارية = مقدار ثابت $Gh + m \frac{V^2}{2} + J \frac{\omega^2}{2} + E_{worm} = C$	٩١

رقم المعادلة	المعادلة	رقم الصفحة
٤٢ -	ع م = $\frac{C\ s}{\varepsilon\ s}$	١١٤
	$E = \frac{d\ c}{d\ \varepsilon}$	
٤٣ -	$W = P\ \frac{d}{2}\ V^2F\ \frac{mkg}{sec^2}$	١٢٤
٤٤ -	$R = C\ \frac{d}{2}\ V^2a\ \frac{mkg}{sec^2}$	١٢٤
٤٥ -	ع = ل . د التمييز (م. أ/ث = م/ث)	١٣٦
	$V_{sprint} = L\ .\ D$	
٤٦ -	ع = (ط × د / ٦٠) × أ	١٤١
	$V_{sprint} = \frac{r\ .\ d}{60}\ .\ A\ .$	
٤٦ - أ -	نق م = (ق١ نق١ + ق٢ نق٢ + ق٣ نق٣ + ق٤ نق٤) / نق م	١٥٠
	$r_S = \frac{F_1\ r_1 + F_2\ r_2 + F_3\ r_3 + F_4\ r_4}{S}$	
٤٦ - ب -	نق م = (Σ (ا=١ ... ا=ن) ق١ . نق١) / ق١	١٥٠
	$r_S = \frac{\sum_{1=1}^{t=n} F_1\ .\ r_1}{F_1}$	

رقم المعادلة	المعادلة	رقم الصفحة
٤٦ - جـ -	$\text{نق}_{\text{م}} = \frac{\sum_{\text{١=١}}^{\text{ن=١}} \text{ق}_{\text{١}} \cdot \text{نق}_{\text{١}}}{\text{ق}_{\text{م}}}$ $r_S = \frac{\sum_{1=1}^{t=n} F_1 \cdot r_1}{F_1}$	١٥١
٤٧ -	$\Delta \text{ن} = \frac{\text{ف ص}}{V\ \text{ص}}$ $dt = \frac{ds_{object.}}{V_{pceture}}$	١٥٨
٤٨ -	$\text{ع} = \frac{\text{١}}{\Delta \text{ن}} = \frac{\text{ع ص}}{\Delta \text{ف}_{\text{ص}}}$ $V = \frac{1.}{mdt} = \frac{V_{pceture}\cdot}{m\,d\,s_{object}}$	١٥٩
٤٩ -	$\text{ف} = \frac{\text{ع س}^{\text{ق}}}{\text{ج}}$ $F = \frac{\bar{F}\, m}{C}$	١٦٢
٥٠ -	$\text{ص}^{\text{٢}} = \text{غ} \cdot \bar{\text{ج}} - \text{ك}$ $K < 4.\ C.\ m$	١٦٣

رقم المعادلة	المعادلة	رقم الصفحة
٥١ -	ع = √(ج / ك) $V_0 = \sqrt{\frac{C}{m}}$	١٦٣
٥٢ -	ق١ = د٢ قص / ل٢ $F_1 = d_2 F_y / L_2$	١٧٠
٥٣ -	ق٢ = د١ قص / ل١ $F_2 = d_1 F_y / L_1$	١٧٠
٥٤ -	ق م . ف = طح٢ - طح١ = ١/٢ ك (ع٢^٢ - ع١^٢) $F_m \cdot s = E_{kin_2} - E_{kin_1} = \frac{m}{2} (V_2^2 - V_1^2)$	١٨٥

قائمة الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة

قائمة الجداول

المحتويات

الموضـوع	رقم الصفحة
الفصل الخامس	٥٩-٧٩
كينماتيكا الحركة الانتقالية	
القوة ومواصفاتها التامة	٦١
الدفع وكمية الحركة	٦٨
الشغل	٧٥
الطاقة	٧٧
القدرة	٧٩
الفصل السادس	٨١-٩١
كيناتيكا الحركة الدائرية	
عزم الدوران	٨٣
عزم القصور الذاتى	٨٣
دفع الدوران	٨٨
طاقة الحركة الدورانية	٩٠
الفصل السابع	٩٣-١٠٥
الاستاتيكا	
مركز الثقل	٩٥
أوضاع الاتزان	١٠٠
مقاييس الاتزان	١٠٢
الفصل الثامن	١٠٧-١١٧
خواص واستعدادات جسم الإنسان	
السلسلة الكينماتيكية المغلقة	١٠٩
العضلات والعظام ومرونة المفاصل	١١٣
عزوم القوى فى حركة جسم الإنسان	١١٤
الفصل التاسع	١١٩-١٢٩
ميكانيكا الموائع	
تأثير برنوللى	١٢١
تأثير ماجنوس	١٢٢
طرق قياس مقاومة الموائع	١٢٢

الموضــوع	رقم الصفحة

رقم الإيداع :
٩٨/٤٠٨٧
الترقيم الدولي :
977-294-063-9

طبع آمون
٤ عطفة فيروز - متفرع من ش إسماعيل أباظة - لاظوغلى
تليفون: ٣٥٤٤٥١٧ - ٣٥٤٤٣٥٦